

ДЛЯ ВУЗОВ

Ю.П. Чижков

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

*Допущено Министерством образования и
науки Российской Федерации в качестве
учебника для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по направлению
подготовки «Транспортные машины и
транспортно-технологические комплексы»*



МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
2007

УДК 629.113.066:629.114.2 (075.8)

ББК 39.114.2я73

Ч-59

Рецензент канд. техн. наук, проф., проректор МГТУ "МАМИ"

В.В. Серебряков

Ответственный редактор *И.А. Хороманская*

Чишков Ю.П.

Ч-59 Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник /
Ю.П. Чишков. М.: Машиностроение, 2007. 656 с.

ISBN 5-217-03358-4

Приведено описание конструкции, принципа работы и технических данных устройств и приборов электрического и электронного оборудования автомобилей и тракторов.

Отличительными особенностями учебника являются полнота охвата дисциплины и простота изложения, учет требований новых ГОСТов. Для лучшего усвоения материала учебник хорошо иллюстрирован.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы". Может быть полезен для студентов средних профессиональных учебных заведений, обучающихся по автотракторным специальностям, а также работникам автотранспортных предприятий и сервиса, лицам, интересующимся устройством электрооборудования автомобиля и трактора.

УДК 629.113.066:629.114.2 (075.8)

ББК 39.114.2я73

ISBN 5-217-03358-4

© ОАО "Издательство "Машиностроение", 2007

ВВЕДЕНИЕ

При освоении новых моделей автомобилей и тракторов их электрооборудование претерпевает существенные изменения. Количество изделий электротехнического и электронного оборудования на автомобилях и тракторах постоянно возрастает. Электростартерный пуск двигателя, подготовка и зажигание топливовоздушной смеси, обеспечение безопасности движения автомобиля и выполнения технологических операций на тракторе, осуществление автоматического контроля работы отдельных агрегатов и узлов, а также автомобиля и трактора в целом, обеспечение комфортных условий для работы тракториста и водителя автомобиля, а также для пассажиров — все это далеко не полный перечень функций, выполняемых электротехническими и электронными устройствами.

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития автотракторостроения является более широкое применение электронных и микропроцессорных систем управления. Достигнутый уровень конструктивного исполнения и технологических методов изготовления изделий микроэлектроники позволяет обеспечить малые габаритные размеры и массу электронных и микропроцессорных блоков управления, датчиков и исполнительных механизмов, а также высокие показатели надежности их работы в сложных условиях эксплуатации автомобилей и тракторов. По сравнению с механическими, пневматическими, гидравлическими системами электронные системы отличаются высоким быстродействием и обладают способностью многопараметровой оптимизации рабочих процессов.

Применение электроники для оптимизации рабочих процессов в двигателе позволяет снизить расход топлива, уровень токсичности отработавших газов, объединить электронные системы впрыскивания топлива, зажигания и другие системы в одну комплексную систему управления двигателем. Повышение топливной экономичности двигателей обеспечивается за счет оптимального регулирования состава топливовоздушной смеси и опережения зажигания. Одним из способов снижения токсичности двигателей является автоматическое поддержание стехиометрического состава топливовоздушной смеси на-

ряду с применением трехкомпонентного каталитического нейтрализатора. Снижению расхода топлива и токсичности отработавших газов способствует применение управляемых электронными блоками экономайзеров принудительного холостого хода.

В автотракторном электрооборудовании трудно выделить системы, в которых не используются электронные устройства. В генераторы переменного тока встраиваются полупроводниковые выпрямители и электронные регуляторы напряжения, изготавливаемые методами интегральной технологии. Элементы электронной автоматики находят применение в системах блокировки электростартеров, в системах "стоп-старт", в устройствах для облегчения пуска двигателей при низких температурах.

В системах очистки ветрового и заднего стекол и фарочистки, в электронасосах, стеклоомывателях, электровентиляторах и стеклоподъемниках, в системах блокировки дверей, подъема антенны, перемещения сидений и т.д. широко используется автоматизированный электропривод с электронными управляющими устройствами.

Разработаны и используются на современных автомобилях системы автоматического поддержания скорости движения, электронные системы управления коробкой передач.

Повышение безопасности движения и комфорта обеспечивается установкой на автомобиле антиблокировочных, противобуксовочных систем, радарных систем предотвращения столкновений, электронных контрольно-диагностических систем, автоматически управляемых фар головного освещения, кондиционеров и т.д.

Решение ряда транспортных задач связывают с установкой на автомобилях навигационной аппаратуры. На многих автомобилях применяются бортовые системы контроля, маршрутные компьютеры. Прогнозируется установка на автомобиле центральной ЭВМ, которая обеспечит управление автомобилем как автономно, так и на основе внешней связи (мобильной, спутниковой) с командным пунктом управления транспортными потоками.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И СОСТАВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Электрооборудование автомобилей и тракторов представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных электрических и электронных устройств. К автотракторному электрооборудованию относят следующие системы и устройства:

- электроснабжения;
- электростартерного пуска двигателя;
- зажигания;
- освещения, световой и звуковой сигнализации;
- информации и контроля технического состояния автомобиля, трактора и их агрегатов;
- электропривода;
- подавления радиопомех;
- электронного управления системами и агрегатами автомобиля и трактора.

В систему электроснабжения входят генераторная установка и аккумуляторная батарея.

Система электростартерного пуска двигателя включает в себя аккумуляторную батарею, электростартер, реле управления (дополнительные реле и реле блокировки) и электротехнические устройства облегчения пуска двигателя.

Система зажигания обеспечивает воспламенение рабочей смеси в цилиндрах бензиновых двигателей искрой высокого напряжения, возникающей между электродами свечи зажигания. Помимо свечей к системе зажигания относятся катушки зажигания, прерыватели-распределители, транзисторные коммутаторы, электронные блоки управления (контроллеры), добавочные резисторы, высоковольтные провода, наконечники свечей и т.д.

Система освещения и световой сигнализации объединяет осветительные приборы (фары головного и рабочего освещения), светосигналь-

ные фонари (габаритные огни, указатели поворота, сигналы торможения, фонари заднего хода и др.) и различные реле управления ими.

Система информации и контроля технического состояния автомобиля, трактора и их агрегатов включает в себя датчики и указатели давления, температуры, уровня топлива в баке, спидометр, тахометр, сигнальные (контрольные) лампы и т.д. На автомобиле может быть установлена бортовая система контроля с компьютером.

Электронпривод (электродвигатели, моторедукторы, мотонасосы, электромагниты) находит все большее применение в системах стеклоочистки, отопления, вентиляции, предпускового подогрева двигателя, в стеклоподъемниках, в системах подъема и опускания антенны, в устройствах блокировки дверей, в исполнительных механизмах электронных систем.

Используется разнообразная коммутационная и защитная аппаратура: выключатели, переключатели, реле различного назначения, контакторы, предохранители и блоки предохранителей, соединительные панели и разъемные соединения.

Расширяется применение электронных систем впрыскивания топлива, антиблокировочных, противобуксовочных и навигационных систем, систем предотвращения столкновений.

Число и мощность потребителей электроэнергии на автомобилях и тракторах постоянно увеличиваются, соответственно возрастает мощность источников электрической энергии. На смену устаревшему электрооборудованию приходят новые, более сложные по конструкции и схемным решениям электрические и электронные изделия и системы.

От совершенства конструкции и технического состояния электрооборудования зависят эксплуатационная надежность и производительность автомобиля и трактора.

1.2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ

Условия работы электрооборудования зависят от климатической зоны эксплуатации и места установки отдельных изделий на автомобиле и тракторе. Изделия электрооборудования выпускаются в климатическом исполнении следующих типов:

- У — для умеренного климата;
- ХЛ — для холодного климата;
- Т — для тропического климата;

О – общеклиматическое исполнение;

У-ХЛ, У-Т и т.д. – возможность эксплуатации электрооборудования в нескольких макроклиматических районах.

В зависимости от климатического исполнения электрооборудование должно быть работоспособным в условиях, указанных в табл. 1.1. Кроме того, изделия электрооборудования должны сохранять работоспособность после воздействия температур -60 , -50 , -45 °С соответственно для исполнений ХЛ, У, Т (во время транспортирования и нерабочих периодов).

Изделия электрооборудования должны выдерживать также значительные вибрационные и ударные нагрузки, указанные в табл. 1.2.

Допустимые значения превышения температуры для электрических машин и аппаратов длительного режима работы при температуре окружающей среды $+70$ °С приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.1

Условия эксплуатации изделий электрооборудования

Температурные и условия окружающей среды	Климатическое исполнение		
	У	ХЛ	Т
Максимальная температура окружающей среды, °С, для изделий, устанавливаемых: на двигателе и в двигательном отсеке в кабине или закрытом кузове, а также снаружи	70, 80, 90, 100 ^x 55/65		
Минимальная температура окружающей среды, °С, для изделий, устанавливаемых: снаружи, в кабине или закрытом кузове, а также для тех изделий, которые должны работать до предпускового подогрева; на двигателе и в двигательном отсеке и включаемых только после предпускового подогрева	-45/-50 -40	-60/-60 -40	-20/-45 -20
Относительная влажность воздуха для всех изделий при температуре (40 ± 2) °С, %	95 + 3	95 + 3	95 + 3
Минимальное давление окружающей среды для всех изделий, кПа (на высоте 4000 м над уровнем моря)	61		
* Температура для изделий выбирается из приведенного ряда и устанавливается в стандартах или технических условиях на изделия. Примечание. В числителе приведены рабочие температуры, в знаменателе — предельные.			

Таблица 1.2

Допустимые вибрационные и ударные нагрузки для изделий электрооборудования

Изделия	Частота вибрации, Гц, при испытаниях		Максимальное ускорение (или замедление), м/с^{-2}	Продолжительность испытаний, ч
	периодических	типовых		
Устанавливаемые на двигателе	50	50–250	100/150	8/10 000
Остальные	50	50–250	50/100	8/10 000
Примечание. В числителе приведены данные для вибрационной нагрузки, в знаменателе – для ударной.				

Таблица 1.3

Допустимые превышения температуры для электрических машин и аппаратов длительного режима работы

Части электрических машин и аппаратов	Допустимые превышения температуры, °С, для классов изоляционных материалов по ГОСТ 8865–93				
	А	Е	В	Г	Н
Обмотки генераторов и электродвигателей	–	–	125	140	–
Коллекторы и контактные кольца	100	115	145	155	160
Обмотки реле различного назначения	–	–	130	145	–

Изделия электрооборудования должны быть защищены от проникновения посторонних тел, пыли, брызг, воды, обеспечивать надежную и безотказную работу в эксплуатации в течение требуемого срока службы. Ресурс изделий электрооборудования измеряется числом часов работы двигателя или числом включений, а также пробегом автомобиля в километрах. Защита от коррозии должна осуществляться лакокрасочными, гальваническими, химическими покрытиями или их сочетаниями.

Изделия электрооборудования должны быть совместимы между собой и внешней средой и сохранять работоспособность в условиях электромагнитного воздействия в соответствии с табл. 1.4.

Изделия электрооборудования могут быть рассчитаны на продолжительный номинальный режим работы, кратковременный номинальный режим работы с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 5, 10 и 30 мин и повторно-кратковременный номинальный режим с длительностью включения 15, 25, 40 и 60 %.

Изоляция обмоток и токоведущих деталей изделий электрооборудования относительно корпуса должна выдерживать без повреждений в течение 1 мин воздействие синусоидального переменного напряжения частотой 50 Гц, действующие значения которого указаны в табл. 1.5.

Таблица 1.4

Параметры импульсных напряжений бортовой сети в аномальных и нормальных режимах эксплуатации

Номинальное напряжение, В	Уровень напряжения (мгновенные значения), В, не более, при длительности на этом уровне				
	0,3·10 ⁻³ мс	10·10 ⁻³ мс	0,3 мс	10 мс	300 мс
<i>Аномальные режимы эксплуатации (срабатывание предохранителей, пуск двигателя от посторонних источников тока, при отключении аккумуляторной батареи)</i>					
14 (12) 28 (24)	150/-20 150/-56	112/-28 112/-56	62/0 84/0	42/3 58/7	21/6 42/14
<i>Нормальные режимы эксплуатации</i>					
14 (12) 28 (24)	42/6 56/14	42/6 56/14	28/6 56/14	23/8 45/15,5	17,5/10,5 35/21
Примечание. В числителе указаны максимальные значения, а в знаменателе — минимальные.					

Таблица 1.5

Электрическая стойкость изоляции

Детали изделий	Действующее напряжение, В
1. Обмотки электрических машин и аппаратов, токоведущих деталей этих изделий, обмотки контрольно-измерительных приборов и их датчиков, токоведущие детали коммутационной аппаратуры, работающие в главных цепях или цепях, содержащих индуктивность, элементы цепей низкого напряжения аппаратов зажигания, звуковых сигналов	550
2. Обмотки и токоведущие детали электродвигателей с электромагнитным возбуждением	250
3. Токоведущие детали коммутационной аппаратуры (за исключением указанных в п. 1), установочных изделий, осветительных и светосигнальных приборов	220
4. Токоведущие детали и элементы цепей высокого напряжения аппаратов зажигания	22 000

Электрические машины должны выдерживать испытание на повышенную частоту вращения коленчатого вала в режиме холостого хода в течение 20 с (стартеры и другие электрические машины с режимом работы менее 1 мин) и 2 мин (остальные электрические машины). Испытательная частота вращения коленчатого вала должна быть на 20 % выше частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода для стартеров.

Степень искрения (класс коммутации) по шкале ГОСТ 183–74 должна быть не более 1,5 для электрических машин продолжительного режима работы, не более 2 для электрических машин повторно-кратковременного, перемежающегося и кратковременного режимов работы (продолжительностью 5 мин и более) и не более 3 для электрических машин кратковременного режима работы продолжительностью 3 мин и менее.

Изделия электрооборудования должны работать в однопроводной схеме, в которой с корпусом автомобиля или трактора соединен отрицательный полюс системы. Допускается изготовление изделий, у которых от корпуса изолированы оба полюса.

Уровень радиопомех изделий электрооборудования не должен превышать значений, предусмотренных ГОСТ Р 51318.12–99. Для удовлетворения этих требований изделия электрооборудования имеют следующие исполнения: неэкранированное; с частичным экранированием; экранированное.

Для снижения уровня радиопомех применяются помехоподавляющие устройства:

- неэкранированные или экранированные наконечники искровых свечей зажигания;

- высоковольтные провода с распределенным сопротивлением;
- фильтры радиопомех;

- помехоподавительные резисторы в роторах распределителей или в искровых свечах зажигания.

Направление вращения валов изделий электрооборудования определяется следующим образом:

- электрические машины с одним свободным концом вала (генераторы, стартеры, электродвигатели), магнето, датчики дистанционных спидометров и тахомотосчетчиков — со стороны привода;

- спидометры — со стороны шкалы;

- электрические машины с двумя свободными концами вала и остальные приборы — со стороны, указанной изготовителем.

1.3. НОМИНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Номинальные параметры изделий автотракторного электрооборудования (номинальная мощность, номинальная сила тока, номинальное напряжение и др.) относятся к работе при температуре 25 ± 10 °С, относительной влажности 45–80 % и давлении 86,6–106,6 кПа (650–800 мм рт.ст.). В условиях, отличающихся от указанных, номинальные параметры могут быть изменены на величину, оговоренную в стандартах на отдельные виды изделий. Все номинальные параметры измеряются при номинальном напряжении.

Номинальное напряжение системы электрооборудования – 12 или 24 В. Номинальное напряжение потребителей электроэнергии – 12 или 24 В, а генераторных установок – 14 и 28 В.

Потребители электроэнергии, работающие при движении, должны быть работоспособными при изменении подводимого напряжения в пределах от 90 до 125 % установленного для них номинального напряжения.

2. АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

2.1. НАЗНАЧЕНИЕ. КЛАССИФИКАЦИЯ

Аккумуляторная батарея обеспечивает электроснабжение электростартера при пуске двигателя, а также электроснабжение других потребителей электроэнергии на автомобиле и тракторе при неработающем генераторе или его недостаточной мощности. Во втором случае аккумуляторная батарея работает параллельно с генератором. Основным потребителем энергии аккумуляторной батареи является электростартер. Работа в стартерном режиме определяет тип и конструкцию аккумуляторных батарей и выделяет их в особый класс стартерных батарей.

На автомобилях и тракторах в качестве стартерных применяются свинцовые аккумуляторные батареи. По конструктивно-функциональному признаку различают батареи:

- обычной конструкции — в моноблоке с ячеечными крышками и межэлементными перемычками над крышками;
- в моноблоке с общей крышкой и межэлементными перемычками под крышкой;
- необслуживаемые* — с общей крышкой, не требующие технического обслуживания в эксплуатации.

2.2. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Работая параллельно с генераторной установкой, аккумуляторная батарея устраняет перегрузки генератора и перенапряжения в системе электрооборудования. После разряда на электростартер и другие потребители электроэнергии аккумуляторная батарея подзаряжается от генераторной установки с определенным уровнем регулируемого напряжения. Генератор должен восполнить энергию, отданную батареей при разряде. Чередование режимов разряда и заряда (циклирова-

* Термин "необслуживаемые аккумуляторные батареи" — условный, так как обслуживать их в эксплуатации надо, хотя и в значительно меньшем объеме.

ние) — одна из характерных особенностей работы аккумуляторных батарей на автомобилях и тракторах.

Аккумуляторная батарея является не только элементом систем электроснабжения и электростартерного пуска, но и составной частью других систем в электрооборудовании.

Условия, в которых работает аккумуляторная батарея, зависят от типа, назначения и климатической зоны эксплуатации, а также от места ее установки на автомобиле и тракторе. На эксплуатационную надежность и срок службы батареи влияют температура окружающей среды, уровень вибрации и тряски, периодичность, объем и качество технического обслуживания, параметры стартерного разряда, сила токов и продолжительность разряда и заряда при циклировании, уровень надежности и исправности электрооборудования, продолжительность работы и перерывов в эксплуатации. Стартерные свинцовые аккумуляторные батареи могут эксплуатироваться при температуре окружающей среды от -40 до 60 °С (аккумуляторные батареи группы I) и от -50 до 60 °С (батареи группы II). При этом рабочая температура электролита должна быть не выше 50 °С.

При повышении температуры электролита батареи разрушаются электроды, ускоряется сульфитация. Для уменьшения химической активности электролита его плотность в жарких и теплых влажных климатических районах понижают до $1,25\text{--}1,27$ г/см³. Рост температуры вызывает интенсивное испарение воды из электролита. Под действием солнечных лучей и высокой температуры в батареях обычной конструкции уменьшается прочность эбонитовых моноблоков, крышек и герметизирующей мастики.

При низких температурах герметизирующая мастика теряет эластичность, растрескивается и отслаивается от поверхности крышек и моноблоков. Моноблоки, крышки и пробки становятся хрупкими. При таянии снега на поверхности батареи образуется влага. Лед на поверхности пробок может закрыть вентиляционные отверстия. При недостаточной плотности электролита и значительной разряженности батареи возможно замерзание электролита. Поэтому батареи, эксплуатируемые при низких температурах, рекомендуется заполнять электролитом большей плотности ($1,29\text{--}1,31$ г/см³) и содержать в заряженном состоянии.

Низкие температуры значительно ухудшают условия заряда аккумуляторных батарей. Уже при температуре -10 °С разряженная на 50 % батарея может быть заряжена только на 60–65 % номинальной емкости. В условиях зимней эксплуатации увеличивается число включенных потребителей. Резко возрастает сила тока, потребляемого электростартером.

Все это затрудняет обеспечение положительного зарядного баланса батареи на автомобиле. При температуре ниже -10°C для поддержания батареи в заряженном состоянии необходимо повышать регулируемое напряжение генераторной установки трактора. Зарядное напряжение должно соответствовать значению, указанному в техническом описании и инструкции по эксплуатации трактора. Максимальное регулируемое напряжение генераторной установки не должно превышать 15,5 и 31,0 В соответственно для 12- и 24-вольтных систем электрооборудования.

Высокая механическая прочность, достаточный срок службы, необходимая емкость при небольших размерах и массе, работоспособность в широком диапазоне температур и значений силы разрядного тока, небольшие потери энергии при длительном бездействии, минимальное внутреннее сопротивление и внутреннее падение напряжения при большой силе тока разряда в стартерном режиме — это не полный перечень требований к стартерным аккумуляторным батареям на тракторе. Аккумуляторные батареи должны выдерживать кратковременные разряды стартерными токами большой силы без разрушения электродов и ухудшения характеристик при дальнейшей эксплуатации, а также иметь достаточный запас энергии для питания потребителей в случае выхода из строя генераторной установки и для других нужд, возникающих в аварийных ситуациях.

К аккумуляторным батареям на тракторах должен быть обеспечен свободный доступ для осмотра и технического обслуживания. Аккумуляторные батареи размещают ближе к стартеру с целью уменьшения длины стартерного провода и падения напряжения на нем. Массовый провод батареи крепят к двигателю или жесткой раме.

Уровень вибрации в местах установки аккумуляторных батарей не должен превышать $1,5g$ (ускорение $14,7 \text{ м/с}^2$) в диапазоне частот до 60 Гц. Допускается кратковременная вибрационная нагрузка при ускорении 49 м/с^2 ($5g$) с частотой до 30 Гц. При вибрации и тряске батарея не должна перемещаться по опорной площадке. Посадочные места должны иметь амортизаторы и амортизационные прокладки.

Саморазряд заряженной батареи, кроме необслуживаемой, после бездействия в течение 14 сут при температуре окружающей среды не должен превышать 10 %, а после бездействия в течении 28 сут 20 % номинальной емкости. Саморазряд необслуживаемой батареи после бездействия в течении 90 сут не должен превышать 10 % номинальной емкости, а после бездействия в течении года — 40 %.

Минимальный срок службы аккумуляторной батареи в эксплуатации считается до момента уменьшения разрядной емкости ниже

40 % номинальной емкости или снижения продолжительности стартерного разряда до 1,5 мин при температуре $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ до конечного разрядного напряжения 4,5 и 9,0 В соответственно для 6- и 12-вольтовых батарей.

Минимальный срок службы батарей обычной конструкции и с общей крышкой в эксплуатации должен составлять один год при наработке транспортного средства не более 90 тыс. км пробега.

Минимальный срок службы необслуживаемых батарей в эксплуатации должен составлять три года при наработке транспортного средства не более 100 тыс. км пробега.

Гарантийный срок сохраняемости не залитых электролитом батарей — три года с момента изготовления. Гарантийный срок сохраняемости сухозаряженных батарей — один год с момента изготовления.

Для необслуживаемых батарей, залитых электролитом, устанавливается срок сохраняемости два года при условии промежуточного заряда в пределах минимального срока службы.

Химический источник тока должен удовлетворять следующим требованиям:

- максимальная ЭДС электрохимической системы;
- максимальное количество электрической энергии, снимаемой с единицы массы или объема;
- минимальный саморазряд;
- максимальный срок службы;
- минимальная стоимость материалов и изготовления;
- возможность обеспечения работы в наиболее широких температурных пределах.

2.3. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СВИНЦОВОГО АККУМУЛЯТОРА

Аккумуляторные батареи являются вторичными химическими источниками тока, которые могут использоваться многократно. Активные вещества, израсходованные в процессе разряда, восстанавливаются при последующем заряде. При протекании разрядной химической реакции в аккумуляторе отрицательный электрод окисляется, а положительный восстанавливается. При окислении происходит отдача электронов, при восстановлении — присоединение электронов.

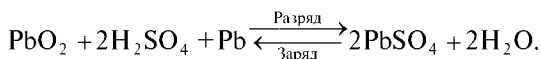
В свинцовом аккумуляторе в токообразующих процессах участвуют диоксид свинца PbO_2 (окислитель) положительного электрода,

губчатый свинец Pb (восстановитель) отрицательного электрода и электролит — водный раствор серной кислоты H_2SO_4 . Активные вещества электродов представляют собой относительно жесткую электропроводящую массу с диаметром пор 1–5 мкм у диоксида свинца и 5–10 мкм у губчатого свинца. Объемная пористость активных веществ в заряженном состоянии составляет около 50 %.

Часть серной кислоты в электролите диссоциирована на положительные ионы водорода H^+ и отрицательные ионы кислотного остатка SO_4^{2-} . Губчатый свинец при разряде аккумулятора выделяет в электролит положительные ионы двухвалентного свинца Pb^{2+} . Избыточные ионы отрицательного электрода по внешнему участку замкнутой электрической цепи перемещаются к положительному электроду, где восстанавливают четырехвалентные ионы свинца Pb^{4+} до двухвалентного свинца Pb^{2+} . Положительные ионы свинца Pb^{2+} соединяются с отрицательными ионами кислотного остатка SO_4^{2-} , образуя на обоих электродах сернокислый свинец PbSO_4 (сульфат свинца).

При подключении к зарядному устройству электроны движутся к отрицательному электроду, нейтрализуя двухвалентные ионы свинца Pb^{2+} . На электроде выделяется губчатый свинец Pb. Отдавая под влиянием напряжения внешнего источника тока по два электрона, двухвалентные ионы свинца Pb^{2+} у положительного электрода окисляются в четырехвалентные ионы Pb^{4+} . Через промежуточные реакции ионы Pb^{4+} соединяются с двумя ионами кислорода и образуют диоксид свинца PbO_2 .

Химические реакции в свинцовом аккумуляторе описываются уравнением двойной сульфатации:



Содержание в электролите серной кислоты и плотность электролита уменьшаются при разряде и увеличиваются при заряде. Образование воды при разряде происходит у положительного электрода, в результате плотность электролита у положительных электродов падает быстрее, чем у отрицательных. При заряде серная кислота образуется у положительного электрода, поэтому плотность электролита у положительного электрода растет быстрее, чем у отрицательного. На 1 А·ч электрической емкости расходуется: при разряде — 3,86 г свинца, 4,44 г диоксида свинца, 3,67 г серной кислоты, а при заряде — 0,672 г воды, 11,6 г сульфата свинца.

Расход кислоты у положительных электродов больше, чем у отрицательных. Если учитывать количество воды, образующейся у положительных электродов, то количество кислоты, необходимой для них в течении разряда, в 1,6 раза больше, чем для отрицательных. Это является основной причиной того, что сепаратор со стороны положительного электрода имеет желоба с целью увеличения объема кислоты около такого электрода. При заряде происходит незначительное увеличение объема электролита, а при разряде – уменьшение.

По плотности электролита можно судить о степени разряженности ΔC_p (%) свинцового аккумулятора:

$$\Delta C_p = 100(\rho_3 - \rho_{25})/(\rho_3 - \rho_p),$$

где ρ_3 и ρ_p – плотность электролита соответственно полностью заряженного и полностью разряженного аккумуляторов при температуре 25 °С, г/см³ ($\rho_3 - \rho_p = 0,16$ г/см³); ρ_{25} – измеренная плотность электролита, приведенная к плотности при температуре 25 °С, г/см³ (далее плотность, приведенная к температуре).

Для приведения плотности электролита к температуре 25 °С используют формулу:

$$\rho_{25} = \rho_t - 0,0007(25 - t),$$

где t – температура электролита в момент измерения плотности.

Степень разряженности батареи по измеренной плотности определяют с учетом начальной плотности электролита полностью заряженной батареи (табл. 2.1). Батареи, степень разряженности которых больше 50 % летом и 25 % зимой, необходимо снять с эксплуатации и зарядить в стационарных условиях.

Таблица 2.1

Плотность электролита, приведенная к температуре 25 °С, г/см³

Полностью заряженная батарея	Разряженная батарея	
	на 25 %	на 50 %
1,30	1,26	1,22
1,28	1,24	1,20
1,26	1,22	1,18
1,24	1,20	1,16
1,22	1,18	1,14

2.4. УСТРОЙСТВО СТАРТЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Батарея в зависимости от требуемого напряжения содержит три или шесть последовательно соединенных аккумуляторов.

Стартерная свинцовая аккумуляторная батарея обычной конструкции с межэлементными перемычками над ячеечными крышками состоит из собранных в полублоки 2 и 3 (рис. 2.1) положительных и отрицательных электродов (пластин), сепараторов 1, моноблока 12 (корпуса), крышек 7 с пробками 10, межэлементных перемычек 9, полюсных выводов 11 и предохранительного щитка 5.

Аккумуляторная батарея с общей крышкой и межэлементными перемычками под крышкой дана на рис. 2.2. Положительные 3 и отрицательные 4 электроды имеют решетку 1 с нанесенной на нее активной массой. Для предохранения от коротких замыканий электроды разделены сепараторами 2. Положительные и отрицательные электроды соединены бареткой в полублоки 12 и 5. Полублоки объе-

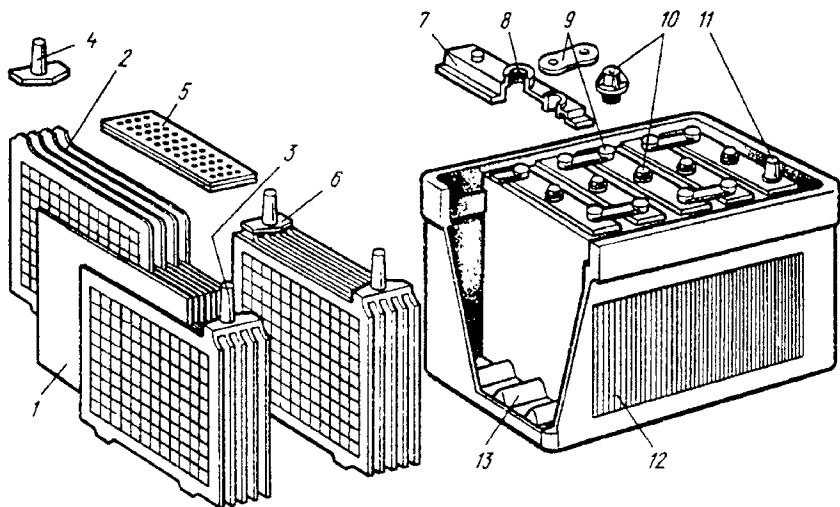


Рис. 2.1. Стартерная аккумуляторная батарея обычной конструкции:

1 сепаратор; 2, 3 полублоки соответственно положительных и отрицательных электродов; 4 баретка; 5 предохранительный щиток; 6 мостик; 7 крышка; 8 заливочное отверстие; 9 межэлементная перемычка; 10 пробка; 11 полюсный вывод; 12 моноблок; 13 опорная призма

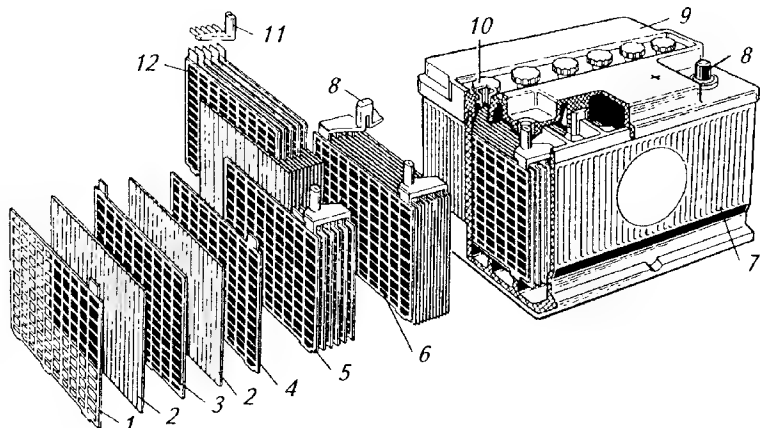


Рис. 2.2. Аккумуляторная батарея с общей крышкой:

1 – решетка; 2 – сепаратор; 3, 4 – электроды соответственно положительный и отрицательный; 5, 12 – полублоки соответственно отрицательных и положительных электродов; 6 – блок электродов с сепараторами; 7 – корпус моноблока; 8 – полюсный вывод; 9 – общая крышка; 10 – пробка; 11 – мостик с борном

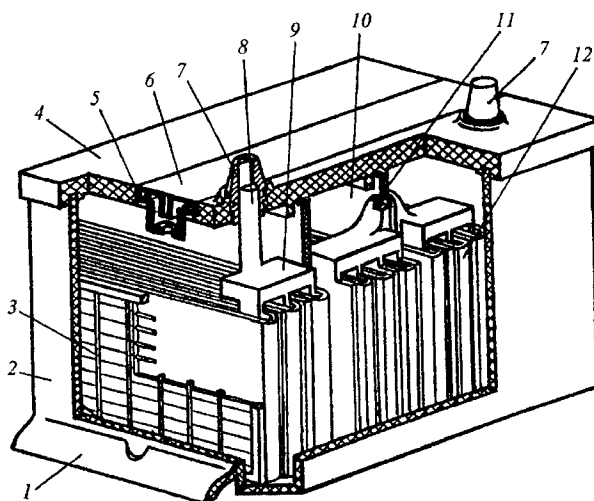


Рис. 2.3. Аккумуляторная батарея с сепараторами-конвертами:

1 – выступ моноблока; 2 – моноблок; 3 – электрод; 4 – крышка; 5 – пробка; 6 – планка; 7 – вывод; 8 – борн; 9 – мостик; 10 – перегородка; 11 – межэлементная перемычка; 12 – сепаратор-конверт

диняются в блоки, которые опускаются в секции моноблока и соединяются между собой межэлементными перемычками.

Аккумуляторная батарея с сепараторами-конвертами и межэлементными перемычками под общей крышкой через перегородку для тракторов приведена на рис. 2.3.

2.4.1. Электроды

В полностью заряженной свинцовой батарее активным веществом положительных электродов является диоксид свинца PbO_2 (темно-коричневого цвета), а отрицательных — губчатый свинец Pb (серого цвета).

Решетки электродов выполняют функции подвода тока к активной массе при ее заряде и токоотвода при ее разряде, а также механического удержания активной массы.

Одинаковые по конструкции решетки положительных и отрицательных электродов имеют ушки, рамку с вертикальными ребрами и горизонтальными жилками, опорные ножки. В некоторых решетках в случае применения сепараторов-конвертов ножки имеют меньшую высоту или отсутствуют. Профиль ребер и жилок обеспечивает легкое извлечение решетки из литейной формы и хороший контакт между активной массой и решеткой.

Освинцованная сетка металлической решетки с увеличенной поверхностью имеет лучшее сцепление с активным веществом электрода, что уменьшает действие коррозии и увеличивает срок службы батареи.

Решетки электродов должны обеспечивать равномерное токораспределение по всей массе активных веществ. Степень неравномерности токораспределения на электродах зависит от отношения высоты к ширине электродов. С приближением данного отношения к единице (квадратный электрод) степень неравномерности токораспределения снижается. В стартерных батареях обычной конструкции применяют электроды шириной 143 мм и высотой без ножек 119 и 133,5 мм.

Толщина решеток электродов зависит от режимов работы и установленного срока службы батареи. Для автомобильных батарей толщина решеток равна 1,5–2 мм.

Решетки отрицательных электродов имеют меньшую толщину, так как они менее подвержены коррозии. Масса решетки составляет до 50 % массы электрода.

Решетки электродов отливают из сплава свинца и сурьмы (4–6 %) с добавлением мышьяка (0,1–0,2 %). Сурьма увеличивает механическую прочность и коррозионную стойкость решетки, повышает ее твердость, улучшает текучесть сплава при изготовлении решеток, снижает их окислирование при хранении. Добавка мышьяка увеличивает коррозионную стойкость решеток, заметно повышает предел прочности на разрыв и твердость. Легирование мышьяком свинцово-сурьмянистых сплавов решеток электродов позволяет увеличить срок службы батарей.

Ячейки решеток электродов заполнены пористой активной массой. Основной пасты электродов является свинцовый порошок, замешиваемый в водном растворе серной кислоты. Для увеличения прочности активной массы в пасту положительных электродов добавляют полипропиленовое волокно. Добавление волокна повышает механическую прочность пасты и увеличивает пористость активной массы положительного электрода с 40 до 50 %, в результате чего повышается срок службы и улучшаются энергетические характеристики батареи на 9–15 %. Содержание волокна и капрона или пропилена диаметром 25 мкм, длиной 3–5 мм составляет 0,4 % сухой массы активного вещества. Уплотнение активного вещества отрицательных электродов в процессе эксплуатации предотвращается благодаря добавлению в пасту расширителей (сажа, дубитель БНС, гумматы, получаемые из торфа, и т.д.) в смеси с серноокислым барьером.

Пористая структура активной массы электродов обеспечивает лучшее проникновение электродов в глубинные слои и повышает коэффициент использования активных веществ. Активная поверхность пористой массы (поверхность, непосредственно контактирующая с электролитом) в сотни раз превышает геометрическую поверхность электрода.

Губчатый свинец отрицательного электрода имеет меньшее удельное сопротивление (1,83–10 Ом·см) по сравнению с диоксидом свинца ($74 \cdot 10^{-4}$ Ом·см) положительного электрода, поэтому отрицательный электрод обладает большей механической прочностью, меньше подвержен короблению и коррозии.

Омическое сопротивление решеток стартерных батарей толщиной 2,2–2,5 мм находится в пределах 1,8–2,4 мОм, толщиной 1,6–1,8 мм — в пределах 2,4–3,0 мОм. В заряженном состоянии сопротивление отрицательного электрода составляет 62–70 % сопротивления решетки, а положительного — 92–98 %. По мере разряда батареи сопротивление электродов приближается к сопротивлению решеток.

Отрицательные и положительные электроды с помощью бареток соединены в полублоки. Баретки имеют мостики, к которым ушками приварены решетки электродов, и выводные штыри (борны). Борны являются токоотводами полублоков электродов. Мост и мостики обеспечивают необходимый зазор между электродами. С увеличением числа параллельно соединенных электродов в полублоках увеличивается номинальная емкость аккумулятора.

Полублоки объединены в блоки электродов. В зависимости от предъявляемых к батарее требований соотношение между числом положительных и отрицательных электродов может быть различным. Однако число разнополярных электродов отличается не более чем на единицу: обычно отрицательных электродов в блоках на один больше, чем положительных. В токообразующих реакциях участвует большее количество активного вещества положительных электродов. Находясь между двумя отрицательными электродами, положительный электрод при заряде и разряде подвергается меньшим изменениям активной массы и меньше деформируется. При таком соотношении толщина положительных электродов, как правило, на 10–20 % больше толщины отрицательных, а толщина крайних отрицательных электродов на 40 % меньше толщины положительных. В некоторых батареях число разнополярных электродов одинаково. В таких случаях оба электрода имеют одинаковую толщину.

2.4.2. Сепараторы

Электроды в блоках разделены сепараторами, которые, предотвращая короткое замыкание между разнополярными электродами, обеспечивают необходимый для высокой ионной проводимости запас электролита в междуэлектродном пространстве и возможность переноса электрического заряда от одного электрода к другому. Кроме того, сепараторы фиксируют положение электродов, предупреждая их перемещение при тряске и вибрации. В некоторых конструкциях аккумуля-

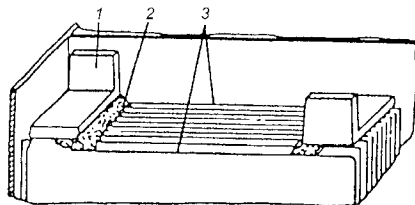


Рис. 2.4. Крепление блока электродов к баретке с помощью полиуретана

торных батарей блок электродов 3 (рис. 2.4) крепится дополнительно к баретке 1 с помощью полиуретана 2, что значительно повышает стойкость аккумуляторной батареи к вибрации.

Технические показатели сепараторов существенно влияют на работу свинцовой аккумуляторной батареи. От омического сопротивления сепараторов зависит внутреннее падение напряжения в аккумуляторной батарее. Сепараторы замедляют оплывание активной массы положительных электродов и сульфатацию отрицательных электродов, продлевая срок службы аккумуляторной батареи.

Сепараторы должны обладать высокой пористостью, достаточными механической прочностью, кислотостойкостью, эластичностью, минимальной гигроскопичностью при длительном хранении аккумуляторной батареи в сухозаряженном состоянии и должны сохранять свои свойства в широком диапазоне температур. Сопротивление сепаратора, пропитанного электролитом, должно быть меньше, чем сопротивление такого же по объему и геометрическим размерам слоя электролита.

В стартерных свинцовых батареях устанавливают сепараторы из мипора, мипласта, поровинила, пластипора (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Материал	Относительное электро-сопротивление ¹ , не более	Объемная пористость, %, не менее	Масса, кг, сепаратора с площадью поверхности 1 м ²
Мипор	5,5	50—60	0,564
Мипласт	5	40—50	0,636
Поровинил	5	75	0,272
Пластипор	—	75	0,250

¹Относительное сопротивление — отношение сопротивления сепаратора, пропитанного электролитом, к сопротивлению слоя электролита той же формы, какую имеет сепаратор.

Мипор (микропористый эбонит) получают в результате вулканизации смеси натурального каучука с силикагелем и серой. Промышленность выпускает сепараторы из мипора толщиной 1,1; 1,5; 1,9 мм. К недостаткам сепараторов из мипора относятся хрупкость, малая скорость пропитки электролитом, дефицитность сырья и высокая стоимость.

Мипласт или микропористый полихлорвинил изготавливают из полихлорвиниловой смолы путем спекания. Сепараторы из мипласта выпускают толщиной 1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9 мм. Технологический процесс изготовления сепараторов из мипласта проще. Мипласт быстро

пропитывается электролитом, обладает низким относительным сопротивлением и достаточной механической прочностью. Мипласт менее стоек к образованию игольчатых токопроводящих мостиков между электродами, так как имеет меньшую пористость и больший диаметр пор по сравнению с мипором. Срок службы батарей с сепараторами из мипласта меньше.

Поровинил получают из пористого полихлорвинила, а **пластипор** — из перхлорвиниловой смолы.

Влажность сепараторов из мипора и мипласта при сборке, а также сквозных микроотверстий, которые можно обнаружить при просвечивании электрической лампой мощностью 100 Вт, расположенной на расстоянии 100 мм от сепаратора, не должна быть более 2 %.

Механическую прочность сепараторов оценивают по сопротивлению при разрыве, изгибе вокруг валика диаметром 45–60 мм.

Сепараторы представляют собой тонкие (1–2 мм) прямоугольные пластины с вертикальными ребрами, которые обращены к положительному электроду для лучшего доступа к нему электролита. Небольшие ребра высотой 0,15–0,20 мм со стороны, обращенной к отрицательному электроду, снижают вероятность "прораствания" сепаратора, улучшают условия диффузии и конвекции электролита около отрицательного электрода.

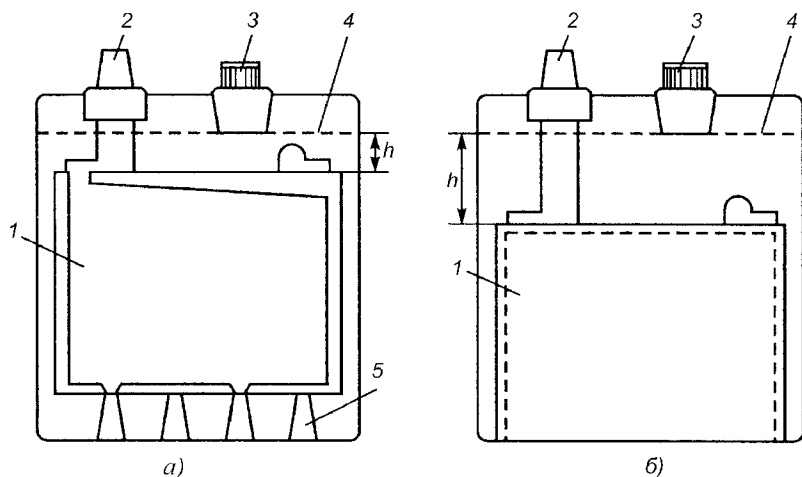


Рис. 2.5. Схемы расположения электродов в аккумуляторных батареях:
а — обычных; *б* — необслуживаемых с сепараторами-конвертами; 1 — блок электродов; 2 — полюсный вывод; 3 — пробка; 4 — призма моноблока; *h* — уровень электролита над блоком электродов

Сепараторы из мипора и мипласта больше электродов по ширине на 3–5 мм, по высоте на 9–10 мм, что исключает появление токопроводящих мостиков по торцам электродов и сепараторов.

В последнее время в необслуживаемых аккумуляторных батареях применяют также сепараторы-конверты. Схема расположения электродов в аккумуляторных батареях дана на рис. 2.5.

При установке одного из электродов в сепаратор-конверт исключается замыкание электродов разноименной полярности шламом. Поэтому можно устанавливать блоки электродов непосредственно на дно моноблоков без призм и шламового пространства, что позволяет при сохранении высоты аккумуляторной батареи более чем в 2 раза увеличить высоту уровня электролита над электродами.

2.4.3. Моноблок. Крышки. Пробки

Моноблок (корпус) стартерных батарей изготавливают из эбонита (ГОСТ 6980–76) или пластмассы (ГОСТ Р 51977–2002). Тяжелые и хрупкие моноблоки из эбонита в настоящее время заменяют моноблоками из термопласта (наполненного полиэтилена) или тонкостенными моноблоками из морозостойкого сополимера пропилена с этиленом. Высокая прочность в широком интервале температур, стойкость к кислотам, маслам, растворителям и теплостойкость новых моноблоков позволили уменьшить толщину их стенок до 1,8–2,5 мм (вместо 6–8 мм для моноблока из эбонита), а перегородок — до 1,2–2,5 мм (вместо 2,65–5,6 мм).

Внутри моноблок разделен прочными непроницаемыми перегородками на отдельные ячейки по числу аккумуляторов в батарее. В ячейках моноблока размещают собранные в блоки электроды, разделенные сепараторами. В аккумуляторных батареях с обычными сепараторами на дне каждой ячейки предусмотрены четыре призмы, образующие пространство для оседающих на дно ячеек батареи активных веществ электродов (шлама). На каждые две опорные призмы устанавливают разнополярные электроды на опорах, что исключает их короткое замыкание шламом. На перегородках моноблока предусмотрены вертикальные выступы (пилястры) для лучшей циркуляции электролита у электродов, прилегающих к перегородкам.

Применение полипропилена дало возможность при сохранении достаточной механической прочности существенно уменьшить массу моноблока. Плотность пропилена равна $0,9 \text{ г/см}^3$, а эбонита — $1,4 \text{ г/см}^3$. За счет уменьшения толщины стенок масса поли-

пропиленового моноблока на 80 % меньше массы эбонитового, что делает батарею более транспортабельной в процессе эксплуатации. При одинаковых габаритных размерах в полипропиленовый моноблок можно установить больше электродов, что увеличивает емкость батареи на 15–20 %. Моноблок из полипропилена прочнее, труднее разрушается, более термостоек, полупрозрачен, что упрощает контроль уровня электролита. Полипропилен более устойчив к воздействию электролита, масел, пластичных смазочных материалов и бензина.

При соединении аккумуляторов через перегородки уменьшаются масса свинца и внутреннее сопротивление батареи, что повышает на 10 % ее мощность. Плотно приваренная к моноблоку общая крышка предотвращает подтекание электролита и окислирование полюсных выводов в процессе эксплуатации.

Крышки отдельных аккумуляторов или всей батареи изготавливаются из однородного с моноблоком материала. Наиболее распространена крышка с двумя крайними отверстиями для вывода борнов блока электродов и одним средним резьбовым отверстием для заполнения ячейки моноблока электролитом и контроля его уровня. В крайние отверстия отдельных крышек запрессованы свинцовые втулки.

В местах стыка отдельных крышек со стенками моноблока батареи герметизированы битумной мастикой.

Широкие возможности для конструктивных усовершенствований, позволяющих облегчить техническое обслуживание батареи в процессе эксплуатации, обеспечивает применение общих крышек, которые приваривают к моноблокам. Контактно-тепловая сварка пластмассового моноблока 1 (рис. 2.6) и общей крышки 2 создает надежную герметизацию.

Применение общей крышки на все аккумуляторы батареи позволяет:

- уменьшить длину межэлементных соединений, что понижает внутреннее сопротивление батареи;

- легче поддерживать чистоту верхней части батареи, что снижает вероятность ее саморазряда через крышку;

- усилить крепление отдельных аккумуляторов в батарее.

Однако использование общей крышки имеет недостатки:

- нельзя измерить напряжение отдельного аккумулятора и заменить его, если он непригоден;

- невозможно отремонтировать батарею с общей крышкой.

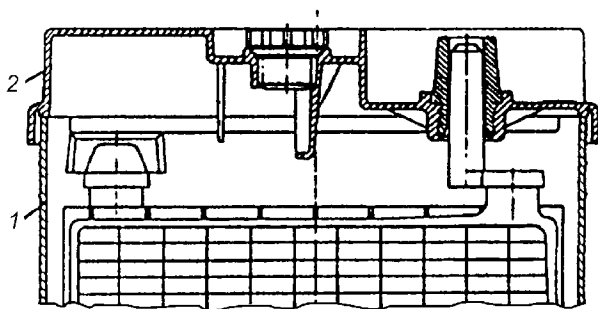


Рис. 2.6. Соединение общей крышки с моноблоком:

1 — моноблок; 2 — крышка

Заливочные отверстия горловины в крышках унифицированы по метрической резьбе М20, М24 и М30 и закрыты пробками с вентиляционными отверстиями.

Пробки изготавливают из эбонита, полистирола или фенолита. Пластмассовые пробки имеют меньшую массу и большую прочность. Для того чтобы предотвратить вытекание электролита, между уплотнительным бортиком корпуса 1 (рис. 2.7) и заливочной горловиной крышки устанавливают резиновую шайбу 3. Герметизация может обеспечиваться также конусным бортиком 5, плотно прилегающим к горловине отверстия в крышке. В новой конструкции пробок предусмотрен пластмассовый уплотнительный элемент 6, расположенный на бортике пробки. Пробки имеют встроенные отражатели 4 и 7, ко-

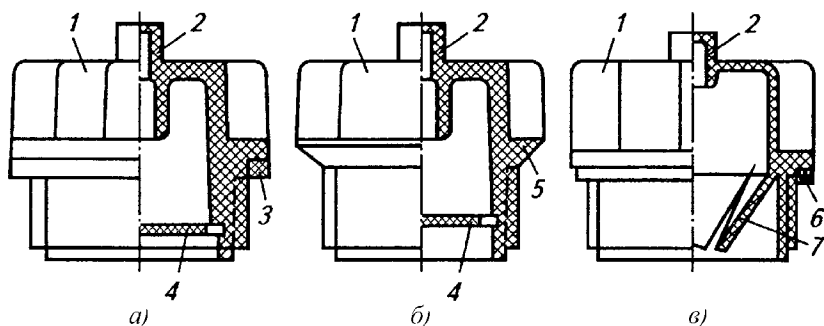


Рис. 2.7. Пробки батарей с уплотнением:

а — резиновым; б — под конус; в — пластмассовым; 1 — корпус пробки; 2 — прилив вентиляционного отверстия; 3 — резиновая шайба; 4 — отражатель; 5 — конусный бортик; 6 — пластмассовый уплотнительный элемент; 7 — лепестковый отражатель

которые не позволяют электролиту выплескиваться через вентиляционное отверстие. В пробках новой конструкции отражатель 7 выполнен в виде лепестков.

Батареи большей емкости снабжены ручками для переноски, прикрепленными к моноблоку специальными металлическими скобами, накладками и винтами. Такая конструкция требует дополнительной оснастки для изготовления крепежных деталей переносных устройств и увеличивает трудоемкость изготовления батарей. Исполнение переносных устройств с ручками, расположенными в отверстиях бортика моноблока, проще. Ручки могут быть жесткими или гибкими, могут перемещаться в вертикальном направлении и поворачиваться на некоторый угол по горизонтали. Переносные устройства и места их крепления должны выдерживать нагрузку, равную двукратной массе батареи с электролитом.

2.4.4. Межэлементные перемычки. Полюсные выводы

Для последовательного соединения аккумуляторов в батарее используют межэлементные перемычки (рис. 2.8), которые припаивают к борнам бареток полублоков в таком порядке, чтобы соединить между собой полублок отрицательных электродов одного аккумулятора с полублоком положительных электродов рядом расположенного аккумулятора. При соединении борна с межэлементной перемычкой к ним приваривается верхняя часть свинцовой втулки, запрессованной

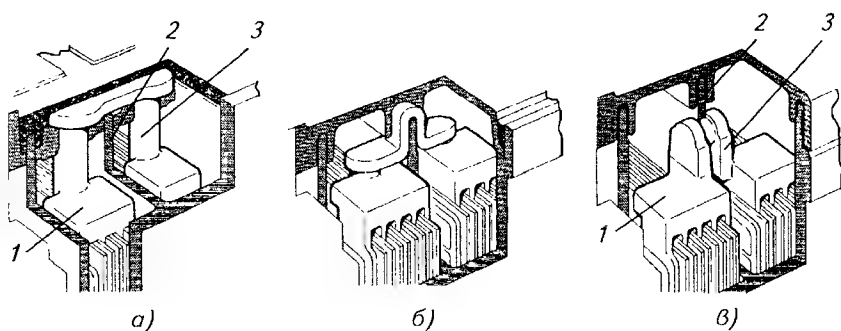
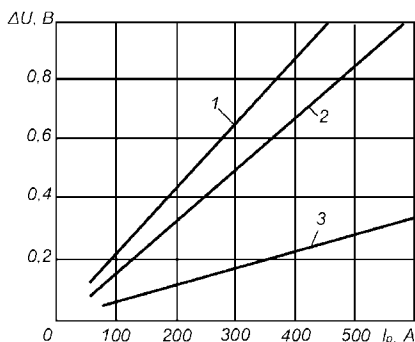


Рис. 2.8. Межэлементные перемычки аккумуляторных батарей:

а — наружные над крышкой; *б* — внутренние над перегородкой; *в* — внутренние через отверстие в перегородке; *1* — мостик баретки; *2* — перегородка моноблока; *3* — борн баретки

Рис. 2.9. Зависимость падения напряжения ΔU в перемычке между аккумуляторами от силы разрядного тока I_p батареи при различных способах соединения аккумуляторов:

1 над крышкой; 2 под крышкой;
3 через перегородку



в крышке. Это обеспечивает надежное уплотнение отверстий в местах вывода борнов.

Укороченные межэлементные перемычки через перегородки полиэтиленовых моноблоков позволяют уменьшить внутреннее сопротивление батареи и расход свинцового сплава. Снижение падения напряжения на соединительных деталях позволяет иметь больше на 0,1–0,3 В напряжение на выводах батареи при ее работе в стартерном режиме. На рис. 2.9 приведена зависимость падения напряжения ΔU в перемычке между аккумуляторами от силы разрядного тока I_p при различных способах соединения аккумуляторов.

Для уменьшения внутреннего падения напряжения в батареях 6СТ-182, 6СТ-190 и 3СТ-215 борны и межэлементные перемычки выполнены в виде освинцованных вкладышей из меди, имеющей в 12 раз большую электропроводность по сравнению со свинцово-сурьмянистыми сплавами. На рис. 2.10 показаны токоведущие детали с медными вставками.

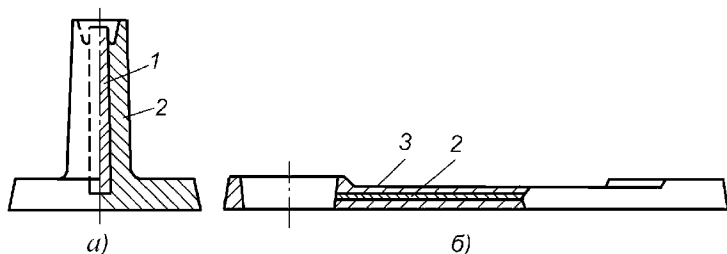


Рис. 2.10. Токоведущие детали с медными вставками:

а борн; б межэлементная перемычка; 1 медный стержень борна; 2 свинцово-сурьмянистый сплав; 3 медная планка межэлементной перемычки

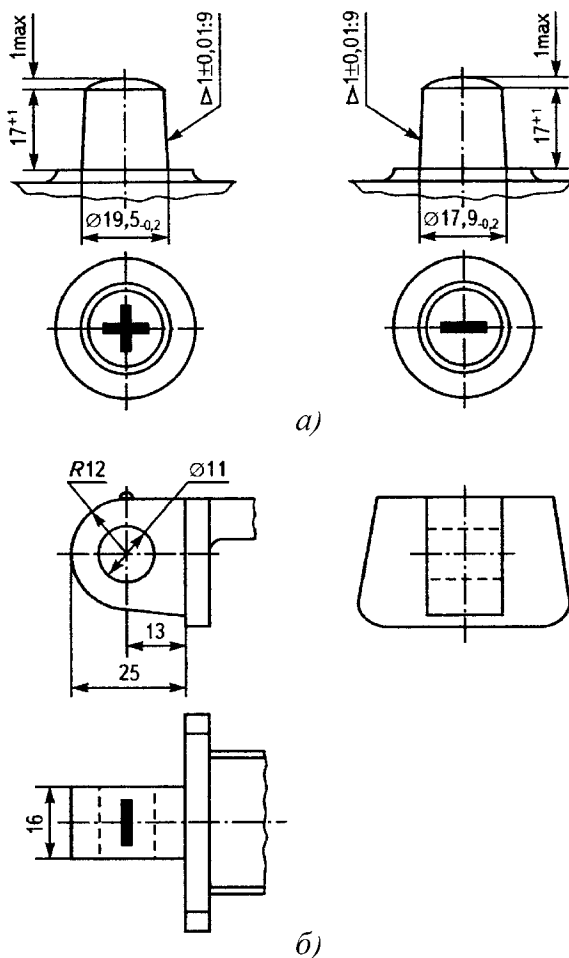


Рис. 2.11. Полюсные выводы стартерных батарей:

а конусные; *б* с отверстиями под болт

Поперечное сечение борнов и межэлементных перемычек батарей выбирается из условия, что падение напряжения на каждом из борнов составляет 16 мВ на межэлементных перемычках – 20 мВ при силе тока $3C_{20} A$.

К борнам крайних аккумуляторов приваривают конусные полюсные выводы (рис. 2.11). Размеры выводов стандартизованы.

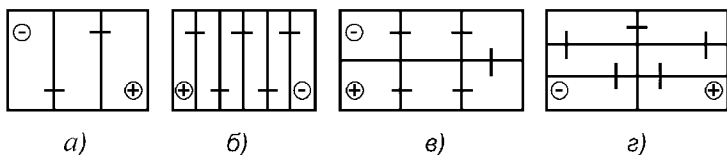


Рис. 2.12. Схемы расположения аккумуляторов в отечественных батареях с номинальным напряжением:

а — 6 В; *б, в, г* — 12 В

Диаметр конуса у основания положительного вывода больше, чем у отрицательного (у зарубежных батарей размер выводов указывается по верхнему диаметру конуса: 17,4 и 15,8 мм соответственно для положительного и отрицательного выводов). Таким образом исключается вероятность неправильного подключения батареи в систему электрооборудования. Некоторые батареи имеют выводы меньших размеров с отверстиями под болты или винты. Необслуживаемые аккумуляторные батареи корпорация GNB выпускает с обоими типами выводов: конусными на крышке и боковыми с резьбовыми втулками. Это позволяет обеспечить подключение к батарее соединительных проводов с различными конструктивными исполнениями наконечников.

В зависимости от емкости батареи, ее номинального напряжения и типа транспортного средства предусмотрены различные схемы расположения аккумуляторов в батарее (рис. 2.12).

2.5. ЭЛЕКТРОЛИТ

Электролит готовится из серной кислоты (ГОСТ 667–73*) и дистиллированной воды (ГОСТ 6709–72*). От химической чистоты электролита зависят характеристики и срок службы батареи. Кислоту подразделяют на два сорта (А и Б) в зависимости от количества примесей (табл. 2.3). Концентрированная серная кислота представляет собой прозрачную жидкость без цвета и запаха плотностью 1,83 г/см³, в которой содержится 94 % чистой серной кислоты. Температура кипения кислоты равна 33 °С.

Температура заливаемого в аккумуляторы электролита должна быть в пределах 15–30 °С. В зависимости от климатических районов эксплуатации в батареи заливают электролит различной плот-

Таблица 2.3

Содержание примесей в серной кислоте, %

Примеси, %	Сорт А	Сорт Б
Железо	0,00600	0,0120
Марганец	0,00005	0,0001
Медь	0,00050	0,0005
Мышьяк	0,00005	0,0001
Оксиды азота	0,00005	0,0001
Тяжелые металлы (в пересчете на свинец)	0,01000	0,0100
Хлористые соединения	0,00030	0,0005
Остаток после прокаливания	0,03000	0,0400

Таблица 2.4

Плотность электролита

Макроклиматический район	Климатический район (ГОСТ 16350–80); среднемесячная температура воздуха в январе, °С	Время года	Плотность электролита, приведенная к температуре 25 °С, г/см ³	
			Заливаемого	Заряженной батареи
Холодный	Очень холодный: от –50 до –30	Зима	1,28	1,30
		Лето	1,24	1,26
	Холодный: от –30 до –15	Круглый год	1,26	1,28
Умеренный	Умеренный: от –15 до –3	Зима	1,24	1,26
		Лето	1,22	1,24
	Теплый влажный: от 0 до 4	Круглый год	1,20	1,22

ности (табл. 2.4), от которой зависит температура его замерзания (табл. 2.5).

Нормы расхода серной кислоты и дистиллированной воды для приготовления электролита необходимой плотности приведены в табл. 2.6.

Температура замерзания электролита

Плотность электролита, приведенная к температуре 25 °С, г/см ³	Температура замерзания, °С	Плотность электролита, приведенная к температуре 25 °С, г/см ³	Температура замерзания, °С
1,09	–7	1,24	–50
1,12	–10	1,26	–58
1,14	–14	1,29	–66
1,16	–18	1,30	–68
1,18	–22	1,40	–36
1,20	–28	1,50	–29
1,22	–40	1,70	–14
1,23	–42	1,80	+6

Таблица 2.6

Нормы расхода компонентов для приготовления 1 дм³ (л) электролита

Требуемая плотность электролита, приведенная к температуре 25 °С, г/см ³	Требуемое количество компонентов, л			
	Вода	Кислота плотностью 1,83 г/см ³	Вода	Электролит плотностью 1,40 г/см ³
1,20	0,859	0,200	—	—
1,21	0,849	0,211	0,475	0,525
1,22	0,839	0,221	—	—
1,23	0,829	0,231	0,425	0,575
1,24	0,819	0,242	0,400	0,600
1,25	0,809	0,252	0,375	0,625
1,26	0,800	0,263	0,350	0,650
1,27	0,790	0,274	0,325	0,675
1,28	0,781	0,285	0,300	0,700
1,29	0,771	0,296	0,275	0,725
1,30	0,761	0,306	0,250	0,750
1,31	0,750	0,316	0,225	0,775
1,40	0,650	0,423	—	1,000

Содержание примесей (мг/л) в дистиллированной воде, необходимой для приготовления электролита, не должно превышать перечисленных ниже значений (ГОСТ 6709–72*).

Остаток после выпаривания	5,00
Остаток после прокаливания	1,00
Аммиак и аммонийные соли	0,02
Нитраты	0,20
Сульфаты	0,50
Хлориды	0,02
Алюминий	0,05
Железо	0,05
Кальций	0,80
Медь	0,02
Свинец	0,05
Цинк	0,20
Восстанавливающие вещества	0,08

Приготовление электролита из предварительно подготовленного и охлажденного до комнатной температуры раствора серной кислоты плотностью 1,40 г/см³ предпочтительнее, так как в данном случае меньше выделяется теплоты и требуется меньше времени.

Электролит плотностью 1,40 г/см³ применяется для корректировки плотности электролита после заряда, если она оказывается ниже нормы, при переходе с летней на зимнюю эксплуатацию или при перемещении транспортного средства в более холодный климатический район.

2.6. НЕОБСЛУЖИВАЕМЫЕ БАТАРЕИ

Традиционные стартерные батареи имеют достаточно высокие значения электрических характеристик, однако обладают рядом существенных недостатков. В процессе эксплуатации батареи снижается уровень электролита, что требует периодического (1–2 раза в месяц) добавления дистиллированной воды, проверки плотности электролита и в случае необходимости – выравнивания значений плотности в отдельных аккумуляторах. Снижение уровня электролита происходит, в первую очередь, в результате электролиза воды при прохождении тока в конце заряда и при перезарядке батареи. У необслужива-

ваемых батарей такое снижение уровня электролита по указанной причине значительно меньше, так как меньше перезаряд батареи. Снижение уровня электролита также происходит в результате его испарения и зависит от температуры батареи, т.е. в основном от места установки батареи на автомобиле (под капотом или снаружи) и от климатических условий эксплуатации. При хранении происходит саморазряд батареи, который обычно составляет 0,5–0,8 % в сутки, увеличиваясь с повышением температуры. В случае хранения батареи при положительных температурах ее следует подзаряжать. Интенсивность электролиза электролита и сопутствующей ему коррозии решеток возрастает при перезарядке, повышении температуры и длительном использовании батареи.

Выделяемая при работе свинцовой батареи кислородно-водородная смесь взрывоопасна, газы и пары электролита могут вызвать коррозию металлических деталей автомобиля, расположенных рядом с батареей, а также полюсных выводов и деталей крепления самой батареи. Некоторые вещества, образующиеся при эксплуатации батареи, например, стибин-сурьмянистый водород, токсичны.

Отмеченные недостатки, характерные для обычных (традиционных) батарей, связаны с содержанием 4–6 % сурьмы в сплаве свинца, из которого отливают решетки электродов.

Сурьма в решетках положительных электродов способствует более интенсивному выделению кислорода и одновременно электрохимическому переносу и отложению сурьмы на поверхности отрицательного электрода. Присутствие даже небольшого количества сурьмы на поверхности отрицательного электрода приводит к заметному росту газовыделения и снижению уровня электролита. Перенос сурьмы на поверхность отрицательного электрода приводит к повышению его потенциала, уменьшению ЭДС, повышению силы зарядного тока, увеличению потерь воды и сокращению срока службы батареи.

Появление необслуживаемых батарей стало возможным благодаря применению решеток из свинцово-кальциевого сплава или свинцово-сурьмянистого сплава с уменьшенным содержанием сурьмы.

Необслуживаемые батареи со свинцово-кальциевыми решетками отличаются не только малыми газовыделением и саморазрядом, но и другими преимуществами. Такие батареи можно устанавливать в местах, не требующих удобного доступа для технического обслуживания. Коррозия решеток электродов меньше. Батареи имеют лучшие характеристики

стартерного режима разряда. Добавление воды в процессе эксплуатации не требуется, что в конструкции батареи не предусмотрено.

Технологические трудности изготовления решеток электродов из сплава свинца и кальция заставили разрабатывать батареи с ограниченным объемом обслуживания на основе электродов с пониженным содержанием сурьмы в решетках. Интенсивность газовыделения существенно снижается только при уменьшении содержания сурьмы в сплаве решетки до 2,0–2,5 %. Но уже при содержании сурьмы ниже 4 % резко ухудшаются литейные свойства свинцово-сурьмянистого сплава, снижается механическая прочность решетки, возрастает скорость коррозии электродов. Для сохранения необходимых технологических и эксплуатационных свойств малосурьмянистых сплавов в них добавляют медь (0,02–0,05 %), серу и селен (до 0,01 %). На свойства литейных сплавов благоприятно влияет присадка олова (до 0,01 %).

Батареи с решетками электродов из малосурьмянистых сплавов, содержащих легирующие добавки, имеют несколько худшие показатели саморазряда по сравнению с батареями, в которых решетки выполнены из свинцово-кальциевого сплава. Такие батареи имеют достаточно высокий срок службы и малочувствительны к глубоким разрядам, однако требуют один раз в год долива воды.

В отечественных необслуживаемых (зарубежные батареи с электродами такого типа называются малообслуживаемыми) батареях по сравнению с обычными батареями уменьшено содержание сурьмы в сплаве решеток электродов. Поэтому значительно снизилась интенсивность саморазряда батареи (до 0,08–0,01 % в сутки). К отличительным особенностям необслуживаемых батарей относятся:

- применение сепараторов-конвертов;

- установка блока электродов с сепараторами-конвертами на дно моноблока и их приклейка к дну, что позволяет повысить стойкость к вибрации и увеличить объем электролита;

- уменьшение толщины и сопротивления решеток электродов;

- применение укороченных межэлементных соединений, проходящих через перегородки пластмассовых моноблоков;

- расположение ушек электродов не около их краев, а ближе к середине, что обеспечивает лучшее токораспределение при разряде и заряде;

- использование полипропилена для изготовления моноблоков и общих крышек;

- наличие индикаторов состояния батареи;

- применение выводов из коррозионно-стойкой стали под болт или гайку;

прикрепление блока электродов к баретке с помощью полиуретана для повышения стойкости к вибрации.

Недостатками необслуживаемых батарей со свинцово-кальциевыми решетками электродов являются:

невозможность определить состояние батареи по плотности электролита, так как отсутствуют пробки заливочных отверстий;

заряженность таких батарей определяется только по индикатору заряженности;

возможно снижение емкости при интенсивном заряде, поэтому рекомендуется регулировать напряжение генератора в пределах 14,2–14,4 В.

Перспективно применение на автомобилях конструкций герметичных необслуживаемых батарей с рекомбинацией выделяющихся газов и встроенными в крышки регулировочными клапанами, которые открываются при избыточном давлении газов. Такие батареи имеют обозначение VRLA.

2.7. АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ С РУЛОННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Принципиально новой конструкцией является стартерная аккумуляторная батарея ОПТИМА-850 (рис. 2.13), выполненная по технологии "ячеистых спиралей". Размеры батареи ОПТИМА-850 не больше традиционной аккумуляторной батареи номинальной емкостью 55 А·ч. При этом по количеству выделяемой энергии в стартерном режиме разряда она сопоставима с аккумуляторной батареей номинальной емкостью 190 А·ч. Максимальная сила тока ("ток холодной прокрутки"), который батарея ОПТИМА-850 отдает в течение 30 с при температуре –18 °С и при условии, что напряжение на ее выводах не ниже 7,2 В, составляет 850 А. Батарея ОПТИМА-850 отдает стартерный ток достаточно большой силы даже при температуре –40 °С.

Благодаря большей площади поверхности электродов данная батарея быстрее заряжается. По данным фирмы изготовителя от разряженного до полностью заряженного состояния батарея может быть доведена менее, чем за 1 ч. Для этого сила тока заряда должна быть равна 100 А при напряжении заряда 14,4 В.

Батарея ОПТИМА-850 полностью герметизирована. Электролит находится в абсорбированном состоянии в микропорах ленты из

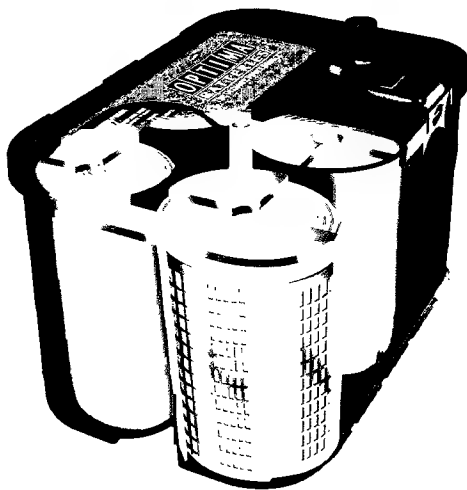


Рис. 2.13. Аккумуляторная батарея OPTIMA-850 с рулонными элементами

специального стекловолокна (сепараторе), расположенной между свитыми в рулон электродами (пластинами) из высокочистых свинца и диоксида свинца, размещаемыми в прочные изолированные секции.

Аккумуляторы OPTIMA-850 с абсорбированным электролитом в микропористом стекловолкне абсолютно безопасны. Батарея таких аккумуляторов может работать при любых углах наклона, даже при полном перевороте батареи вверх дном, без какого-либо риска вытекания электролита. Невелик и риск перезаряда батареи, так как она способна принимать заряд в широком диапазоне зарядного напряжения и силы зарядного тока. На случай нестандартной ситуации при заряде в батарее предусмотрены клапаны безопасности.

Аккумуляторная батарея OPTIMA-850 обладает высокой механической прочностью, устойчива к вибрации с ускорением 4g при частоте 33 Гц в течении 12 ч и с ускорением 6g при частоте 50 Гц в течении 4 ч.

Батарея OPTIMA-850 не требует технического обслуживания в эксплуатации, обеспечивает не менее 12 000 циклов стартерного режима разряда, тогда как традиционные стартерные аккумуляторные батареи — не более 4000 циклов.

Резервная емкость батареи OPTIMA-850 составляет 120 мин.

2.8. РАЗМЕЩЕНИЕ И КРЕПЛЕНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА АВТОМОБИЛЯХ И ТРАКТОРАХ

Аккумуляторные батареи размещают под капотом, под кабиной, на подножке кабины или за кабиной под кузовом, под сиденьем в кабине, а также на раме грузовых автомобилей.

Доступ к аккумуляторной батарее для осмотра и технического обслуживания должен быть свободным. Ее размещение должно быть таким, чтобы проводить необходимые при эксплуатации мероприятия по техническому обслуживанию (проверки уровня электролита и добавление дистиллированной воды и плотности электролита, измерение его температуры; оценку технического состояния с помощью нагрузочной вилки; отсоединение, зачистку и закрепление стартерных проводов) без снятия аккумуляторной батареи с места установки.

Вариантом размещения батареи, обеспечивающим возможность выполнения полного объема работ по техническому обслуживанию, является установка ее в специальном отсеке.

Крепление аккумуляторной батареи должно предохранять ее от вибрации и тряски при движении автомобиля. При вибрации и тряске аккумуляторная батарея не должна перемещаться по опорной площадке. Посадочные места для батареи должны иметь амортизаторы и амортизационные прокладки.

Методы крепления аккумуляторных батарей в местах установки могут быть различны. Аккумуляторные батареи в корпусах из эбонита могут крепиться на опорной площадке таким образом, чтобы рама находилась сверху, планка крепилась за верхнее ребро батареи; батареи из пластических материалов крепятся за выступы в нижней части моноблока. Крепление с упором в боковые стенки моноблока **недопустимо**. Расположение и размеры элементов крепления батарей с общей крышкой за основание моноблока показаны на рис. 2.14.

Посадочное место под аккумуляторную батарею должно обеспечивать без его переделки установку на автомобиле или тракторе одной модели батарей разной емкости в зависимости от назначения транспортного средства и условий его эксплуатации.

Размещение батареи на машине должно быть таким, чтобы защищать ее от загрязнения, механических повреждений при установке и снятии, при движении автомобиля.

Не допускается окислирование расположенных рядом с батареей деталей автомобиля парами или брызгами электролита. От разрушаю-

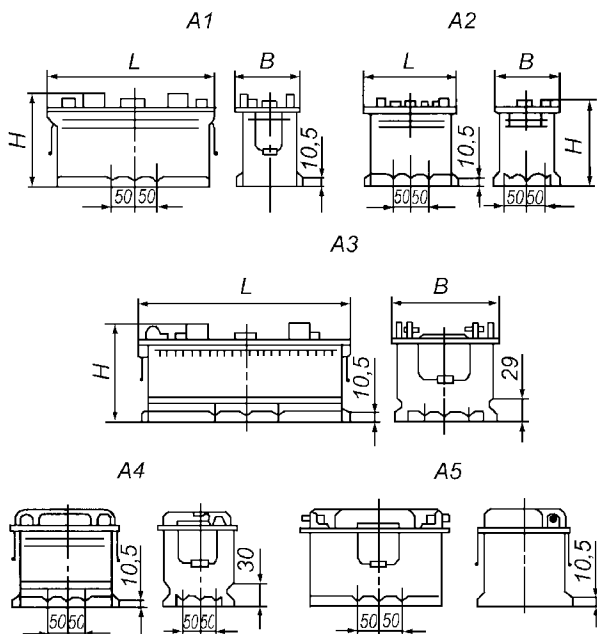


Рис. 2.14. Расположение и размеры элементов крепления батареи за основание моноблока из пластических материалов:

A1–A5 – варианты расположения элементов крепления; L , B и H – длина, ширина и высота батарей соответственно

шего воздействия электролита должны быть защищены также детали крепления батареи.

Для уменьшения длины стартерного провода и падения напряжения в нем батарея размещается ближе к стартеру. Массовый провод крепится к двигателю, раме или корпусу стартера.

Не допускается крепление провода, присоединяемого к массе, к тонкостенной части кабины (толщиной менее 1,2 мм) или крылу автомобиля, а также к окрашенной поверхности без применения шайб-звездочек. Желательно подсоединять вывод к корпусу (массе) автомобиля через выключатель массы. Для автомобилей-тягачей рекомендуется оба провода от батареи соединять со стартером: один, как обычно, с положительным выводом стартера, второй – с корпусом стартера. В этом случае ток стартерного режима не будет проходить по корпусу автомобиля, что уменьшит возможное падение напряжения в стартерной цепи. Падение на-

пряжения в стартерной цепи не должно превышать 0,2 В на 100 А силы тока стартера, а для мощных дизелей — 0,12 В (даже 0,08 В) на 100 А силы тока.

Размещение аккумуляторной батареи на автомобиле должно обеспечивать поддержание такого ее теплового состояния, которое необходимо для надежного пуска двигателя и подзаряда батареи от генераторной установки в процессе эксплуатации автомобиля при низких температурах.

Максимальная температура электролита не должна превышать 50 °С. Поэтому при подкапотной установке батареи она должна быть защищена от воздействия теплоты, выделяемой двигателем, и охлаждаться воздухом при движении автомобиля через жалюзи или регулирующую щель, закрывая и открывая которое можно поддерживать требуемую температуру батареи. При наружной установке батареи необходимо исключить попадание на нее прямых солнечных лучей с помощью контейнера, теплоизоляционных прокладок, щитков или козырьков.

У большинства легковых автомобилей батарея размещается в передней части подкапотного пространства, сбоку от радиатора, где температура составляет около 20–30 °С при продувке встречным потоком воздуха. При наружной установке в зимнее время батарея сильно охлаждается, а летом в южных районах — перегревается.

На грузовых автомобилях при размещении батареи в кабине, под кабиной, на раме или на подножке при движении автомобиля теплый воздух из подкапотного пространства обдувает батарею и ее температура может быть выше температуры наружного воздуха на 7–12 °С.

При установке батареи в кабине она должна находиться в отдельном отсеке или контейнере с вентиляцией, исключающих попадание паров кислоты в кабину и скопление газов под крышкой контейнера во взрывоопасных концентрациях.

На автомобилях и тракторах, предназначенных для эксплуатации в условиях низких температур, возможна установка батареи в контейнерах, обогреваемых отработавшими газами или теплым воздухом с температурой не более 60 °С. Для облегчения условий эксплуатации зимой необходимо предусмотреть возможность утепления батареи в местах установки с помощью теплоизолирующих прокладок толщиной 15–25 мм из кислотостойких материалов (стекловолокна, пенопласта и т.п.).

2.9. ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАРТЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

2.9.1. Электродвижущая сила

Электродвижущая сила (ЭДС) E аккумулятора представляет собой разность электродных потенциалов:

$$E = \phi_+ - \phi_- ,$$

где ϕ_+ и ϕ_- — потенциалы положительного и отрицательного электродов соответственно.

Электродный потенциал при разомкнутой внешней цепи равняется равновесному электродному потенциалу поляризации. Равновесный электродный потенциал характеризует состояние электрода при отсутствии переходных процессов в электрохимической системе. Потенциал поляризации определяется как разность между потенциалом электрода при заряде и разряде и его потенциалом при разомкнутой внешней цепи. Электродная поляризация сохраняется в аккумуляторе и при отсутствии тока после отключения нагрузки или зарядного устройства. Это связано с диффузионным процессом выравнивания концентрации электролита в порах электродов и пространстве аккумуляторных ячеек. Скорость диффузии невелика, поэтому затухание переходных процессов происходит в течение нескольких часов и даже суток в зависимости от температуры электролита.

ЭДС, когда не требуется большой точности, измеряют вольтметром с большим внутренним сопротивлением. На величину ЭДС влияют плотность электролита и очень незначительно его температура. Изменение ЭДС в зависимости от температуры аккумулятора составляет $3,9 \cdot 10^{-4}$ В/°С. Зависимость ЭДС от плотности электролита в диапазоне плотности 1,05–1,30 г/см³ имеет вид:

$$E = 0,84 + \rho_{15} ,$$

где ρ_{15} — плотность электролита, приведенная к температуре 15 °С, г/см³.

С повышением плотности электролита ЭДС возрастает. При плотности электролита 1,07–1,30 г/см³ ЭДС стартерных аккумуляторов составляет 1,91–2,14 В. Измерение ЭДС не дает точного представления о степени разряженности аккумулятора, так как ЭДС разряженного аккумулятора с электролитом большей плотности может быть выше, чем у заряженного с электролитом меньшей плотности.

ЭДС не зависит от количества активных веществ в аккумуляторе и от размеров электродов. ЭДС батареи E_6 увеличивается пропорционально числу последовательно включенных аккумуляторов:

$$E_6 = mE,$$

где m — число аккумуляторов в батарее.

Плотность электролита в порах электродов и в моноблоке одинакова у аккумуляторов, находящихся в покое. Этой плотности соответствует ЭДС покоя. Вследствие поляризации электродов и изменения концентрации электролита в порах электродов и в моноблоке ЭДС в порах при разряде меньше, а при заряде — больше ЭДС покоя.

2.9.2. Напряжение

Напряжение аккумулятора отличается от его ЭДС на величину падения напряжения во внутренней цепи при прохождении разрядного или зарядного тока. При разряде напряжение на выводах аккумулятора меньше, а при заряде больше ЭДС.

Напряжения при разряде U_p и заряде U_z определяются из выражений:

$$U_p = E + I_p r = E + E_n + I_p r_o,$$

$$U_z = E + I_z r = E + E_n + I_z r_o,$$

где I_p и I_z — сила токов соответственно при разряде и заряде; E_n — ЭДС поляризации; r — полное внутреннее сопротивление; r_o — омическое сопротивление аккумулятора.

ЭДС поляризации зависит от силы разрядного тока (плотности тока), температуры электролита и практически не зависит от степени разряженности батареи. С увеличением силы тока и снижением температуры электролита ЭДС поляризации растет.

При разряде и заряде аккумулятора поляризация обусловлена в каждый момент времени в основном действием двух составляющих: концентрационной и химической. После отключения аккумулятора происходит уменьшение ЭДС поляризации до ЭДС равновесного значения. Изменение напряжения U_p аккумулятора при его разряде с учетом потенциалов его электродов, измеренных кадмиевым электродом (Cd), показано на рис. 2.15, *а*. При заряде аккумулятора (рис. 2.15, *б*) при отрицательном значении потенциала ϕ напряжение начинает резко возрастать (участок *а*), что приводит к резкому снижению силы зарядного тока при достижении ЭДС аккумулятора значения 2,4 В. Это явление носит

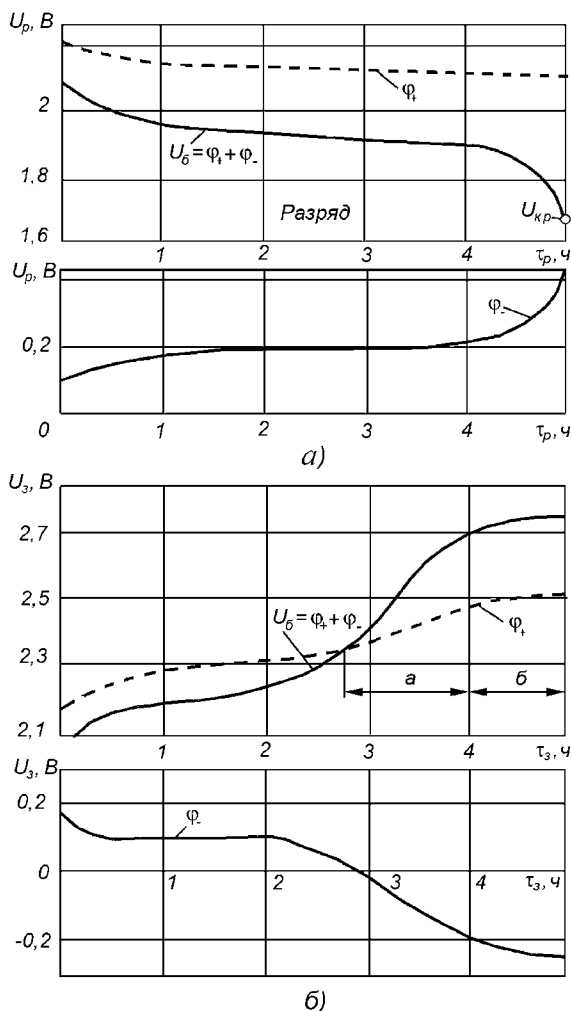


Рис. 2.15. Изменение напряжения аккумуляторной батареи:

a при разряде; *б* при заряде; U_0 напряжение аккумуляторной батареи; $U_{кр-0}$ напряжение конца разряда (или заряда) аккумуляторной батареи

название "эффект запирания" и обеспечивает возможность при постоянстве зарядного напряжения генератора автоматически снижать силу зарядного тока как только начинается газовыделение в электролите. Начало газовыделения соответствует нулевому значению потенциала.

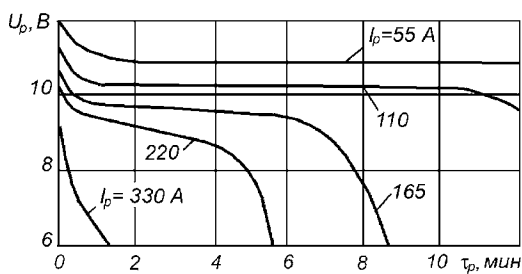
При разряде аккумулятора током постоянной силы в единицу времени расходуется определенное количество активных веществ. Плотность электролита уменьшается по линейной зависимости. Эта закономерность используется при определении степени заряженности батареи по плотности электролита. В соответствии с изменением плотности электролита уменьшаются ЭДС и напряжение аккумулятора. К концу разряда слой сульфата свинца уменьшает диаметр и площадь поверхности пор, а также экранирует поры, препятствуя притоку электролита и увеличивая электросопротивление электродов. В результате напряжение батареи начинает резко падать.

Батареи разряжаются только до конечного напряжения $U_{к.р.}$, соответствующего перегибу разрядной характеристики $U_p = f(\tau_p)$, где τ_p — время разряда. Разряд прекращается, хотя активная масса израсходована не полностью. Дальнейший разряд вреден для аккумулятора и не имеет смысла, так как напряжение становится неустойчивым и быстро снижается.

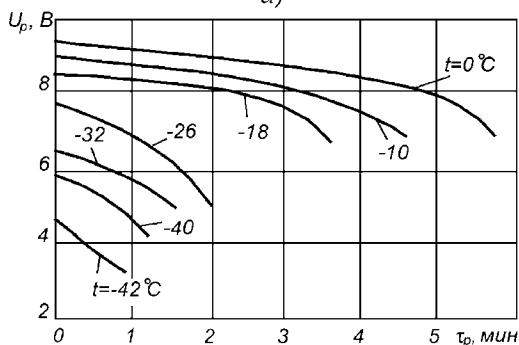
После отключения нагрузки напряжение аккумулятора повышается до значения ЭДС, соответствующего плотности электролита в порах электродов. Затем в течение некоторого времени ЭДС возрастает по мере выравнивания концентрации электролита в порах электродов и в объеме аккумуляторного сосуда за счет диффузии. Явление выравнивания плотности электролита в порах электродов при его диффузии используется в режиме прерывистого разряда батареи. Прерывистый разряд способствует также лучшему использованию глубинных слоев активного вещества электродов.

В режиме заряда при постоянной силе зарядного тока напряжение U_z на выводах аккумулятора возрастает вследствие внутреннего падения напряжения в нем и повышения ЭДС при увеличении плотности электролита в порах электродов. При возрастании напряжения до 2,4 В активные вещества восстанавливаются. Энергия заряда идет на разложение воды на водород и кислород, которые выделяются в виде пузырьков газа. Водород выделяется в основном на отрицательном электроде, а кислород — на положительном. Газовыделение напоминает кипение и его можно уменьшить снижением к концу заряда силы зарядного тока.

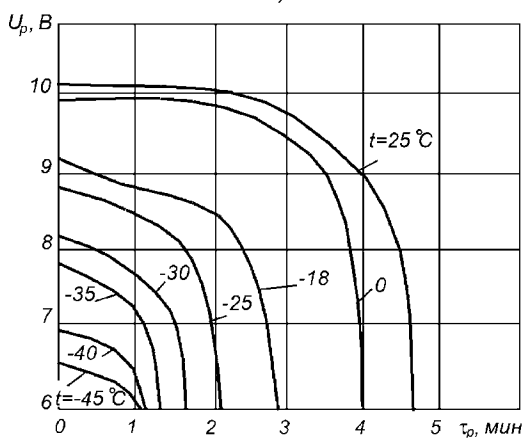
Часть положительных ионов водорода, выделяющихся при заряде на отрицательном электроде, нейтрализуется электронами. Избыток ионов накапливается на поверхности электрода и создает перенапряжение до 0,33 В. Напряжение в конце заряда повышается до 2,6–2,7 В и при дальнейшем заряде остается неизменным (см. рис. 2.15, б, участок б). Постоянство напряжения в течении 1–2 ч заряда и обильное газовыделение являются признаками конца заряда.



а)



б)



в)

Рис. 2.16. Разрядные характеристики батарей при различных температурах электролита и силе разрядного тока:

а – 6СТ-55 при 20 °С; б – 6СТ-90 при $I_p = 270$ А; в – 6СТ-190ТР при $I_p = 500$ А

После отключения аккумуляторной батареи от зарядного устройства напряжение падает до значения ЭДС, соответствующего плотности электролита в порах, а затем снижается, пока выравниваются плотности электролита в порах электродов и в аккумуляторном сосуде.

Напряжение на выводах батареи при разряде зависит от силы разрядного тока и температуры электролита.

При увеличении силы разрядного тока I_p напряжение батареи снижается до значения $U_{к,р}$ быстрее (рис. 2.16, а) вследствие большей разности концентраций электролита в аккумуляторной ячейке и в порах электродов, а также из-за большего внутреннего падения напряжения в батарее. Во избежание образования на электродах крупных и плохо растворимых кристаллов сульфата свинца разряд батарей прекращают при конечном напряжении 1,75 В на одном аккумуляторе при 20-часовом номинальном режиме. В стартерном режиме разряда током силой $3C_{20}$ А при температуре 18 °С — $U_{к,р} = 1,0$ В. При других значениях температуры и силы тока напряжение конца разряда может быть другим.

При понижении температуры увеличиваются вязкость, удельное электросопротивление электролита и уменьшается скорость диффузии электролита из аккумуляторной ячейки в поры активной массы электродов. Поэтому разрядные характеристики $U_p = f(I_p)$ проходят ниже (рис. 2.16, б). На рис. 2.17 показаны зависимости напряжения U_{30} на 30-й секунде разряда батареи 6СТ-55А3 от силы разрядного тока при различной температуре электролита.

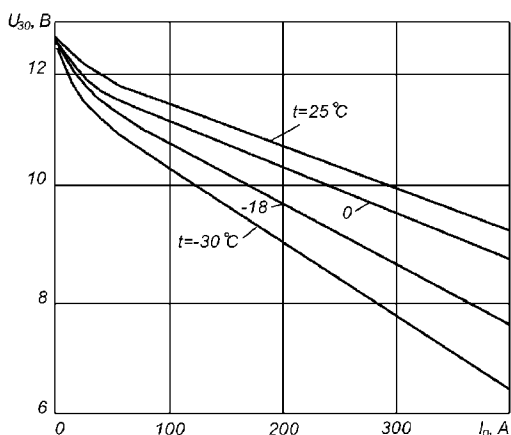


Рис. 2.17. Зависимость напряжения на 30-й секунде разряда батареи 6СТ-55А3 от силы разрядного тока при различной температуре электролита

2.9.3. Внутреннее сопротивление

Полным внутренним сопротивлением r аккумулятора называется сопротивление, оказываемое прохождению внутри него разрядного или зарядного тока:

$$r = r_o + E_{II} / I_p = r_o + r_{II},$$

где r_{II} — сопротивление поляризации; E_{II} — ЭДС поляризации.

Омическое сопротивление r_o аккумулятора складывается из сопротивления электродов, состоящего из сопротивления решеток и активных веществ, сопротивления электролита между электродами и в порах активного вещества, сопротивления перехода "решетка — активное вещество — электролит", сопротивления сепараторов, а также сопротивления токопроводов (мостики с борнами, межэлементные перемычки, полюсные выводы).

Сопротивление электролита равно примерно половине внутреннего сопротивления аккумулятора и увеличивается с понижением температуры и плотности электролита.

Удельное электросопротивление с увеличением плотности раствора серной кислоты до определенного уровня снижается, а затем возрастает. На рис. 2.18 показано изменение удельного сопротивления электролита $r_{эл}$ от его плотности для условий эксплуатации батарей летом и зимой.

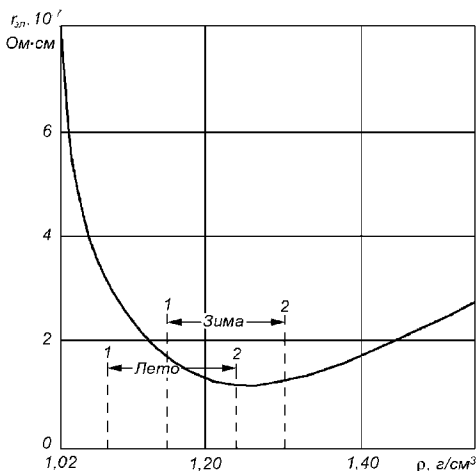


Рис. 2.18. Изменение сопротивления электролита от его плотности: 1, 2 — плотность разряженной и заряженной батарей соответственно

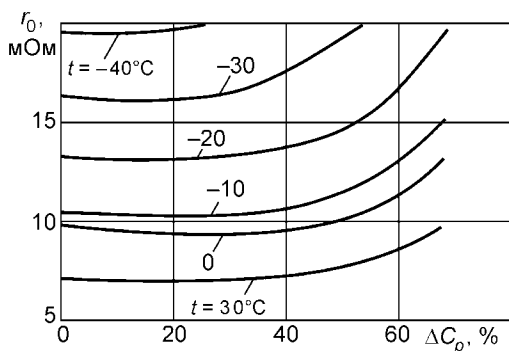


Рис. 2.19. Зависимость омического сопротивления батареи 6СТ-90ЭМ от степени ΔC_p разряженности при различной температуре электролита

мой. Из рис. 2.18 видно, что при выполнении рекомендаций по плотности электролита его сопротивление зимой минимально.

Удельное сопротивление активного вещества положительных электродов во много раз больше, чем отрицательных, следовательно, при разряде и заряде током большой силы положительный электрод будет больше нагреваться (коробиться), чем отрицательный. При разряде активная масса превращается в плохо проводящий сульфат свинца. Поэтому сопротивление электродов при разряде возрастает, а при заряде — уменьшается. Зависимость омического сопротивления батареи 6СТ-90ЭМ от степени разряженности при различной температуре электролита показана на рис. 2.19.

Начальная плотность электролита заряженных свинцовых аккумуляторов обычно составляет 1,24–1,30 г/см³, т.е. несколько больше плотности, при которой электросопротивление минимально (плотность 1,223 г/см³). Это связано с необходимостью обеспечения требуемого для разряда запаса серной кислоты, а также со снижением плотности электролита в процессе разряда.

Слишком малая плотность электролита в конце разряда ведет к росту внутреннего сопротивления, более быстрому падению разрядного напряжения и, как следствие, снижению разрядной емкости. Ограничения по повышению плотности электролита связаны со снижением срока службы батареи.

Сопротивление сепараторов зависит от их толщины, пористости и сопротивления электролита в порах. Материал и конструкция сепаратора выполняют важную функцию при разряде стартерными токами в условиях низких температур.

Омическое сопротивление решеток электродов толщиной 1,5–2 мм находится в пределах 1,8–2,3 мОм. В заряженном состоянии сопротивление отрицательного электрода составляет 62–70 % сопротивления решеток, а положительного 92–98 %. В процессе разряда на электродах откладывается сульфат свинца с удельным сопротивлением $1 \cdot 10^7$ Ом·см и сопротивление электродов приближается к сопротивлению решеток. Сопротивление поляризации уменьшается с увеличением силы разрядного тока и возрастает с понижением температуры электролита.

Распределение сопротивления и, соответственно, потерь напряжения по элементам внутренней цепи батареи зависит от многих факторов. В начале стартерного разряда при температуре -18°C сопротивление электродов и токоведущих деталей составляет приблизительно 20–30 %, электролита и сепараторов 34–38 %, сопротивление поляризации – 32–45 % суммарного внутреннего сопротивления батареи. С понижением температуры доля сопротивления поляризации, электролита и сепараторов возрастает.

Сопротивление заряженных стартерных аккумуляторов и даже батареи последовательно соединенных аккумуляторов составляет от нескольких тысяч до нескольких сотых долей ома. Сопротивление уменьшается с увеличением числа параллельных электродов в полублоках, т.е. с увеличением емкости батареи.

2.9.4. Емкость

При разряде и заряде аккумулятор отдает во внешнюю цепь или получает от зарядного устройства определенное количество электричества.

Количество электричества, отдаваемое батареей в пределах допустимого снижения напряжения разряда, называют разрядной емкостью. Емкость измеряется в ампер-часах (А·ч). При постоянной силе тока разрядная C_p и зарядная C_z емкости определяются из выражений:

$$C_p = I_p \tau_p;$$

$$C_z = I_z \tau_z.$$

Разрядная емкость зависит от количества заложенных в аккумуляторе активных веществ и степени их использования, определяемой напряжением конца разряда $U_{к.р.}$. Количество активных веществ в стартерных батареях даже при номинальной силе разрядного тока в

2–3 раза превышает теоретически необходимое. Полное использование заложенных в батарее активных веществ невозможно, так как обеднение электролита в порах и резкое снижение напряжения до $U_{к.р}$ происходит раньше, чем израсходуются внутренние слои активных веществ электродов и серная кислота электролита в моноблоке.

Коэффициент использования активных веществ свинцового аккумулятора зависит от условий разряда. Его снижение происходит при увеличении плотности разрядного тока и понижении температуры. При длительных режимах разряда свинцовых аккумуляторов (в течение 20–50 ч) использование активных веществ составляет 50–60 %. С увеличением электропроводности электролита и пористости активных веществ, с уменьшением толщины электродов и плотности тока использование активных веществ больше. Вследствие закупорки пор сульфатом свинца разрядный процесс протекает в основном на наружной поверхности электродов.

В аккумуляторах, работающих в стартерных режимах разряда, использование активных веществ и отдача по емкости могут быть повышены за счет уменьшения толщины электродов. При длительных режимах разряда влияние обоих типов разнополярных электродов на отдачу батареи по емкости соизмеримо, но положительный электрод может ограничивать отдачу по емкости, если запас электролита недостаточен. Причиной ограничения емкости положительного электрода при коротких режимах разряда может быть замедление диффузии электролита в поры активной массы. При стартерных режимах разряда и низких температурах емкость ограничивает отрицательный электрод.

Использование активных веществ зависит от конструкции электродов, материала сепараторов, плотности и температуры электролита, силы тока и режима разряда (прерывистый, непрерывный, ступенчатый).

Разрядная емкость уменьшается с увеличением силы разрядного тока, так как большее количество и более плотная масса сульфата свинца откладывается на поверхности электродов, изолируя активную массу от контакта с электролитом (рис. 2.20). Снижение разрядной емкости при низких температурах (рис. 2.21) происходит из-за увеличения вязкости электролита и снижения скорости поступления серной кислоты в поры активной массы. Напряжение разряда до напряжения $U_{к.р}$ падает быстрее и большая часть активного вещества остается неиспользованной.

Свинцовые батареи работоспособны при стартерных разрядах до температуры $-(30-35)^\circ\text{C}$.

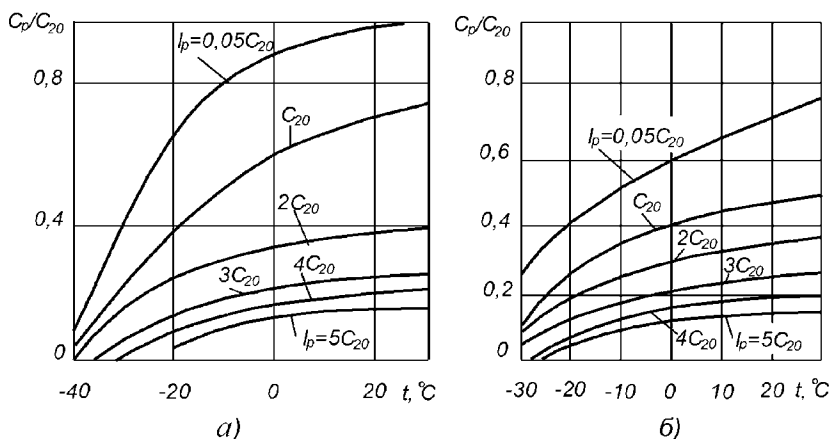


Рис. 2.20. Зависимость относительной разрядной емкости C_p/C_{20} батареи 6СТ-82 от силы разрядного тока и температуры электролита при различной степени разряженности: а – $\Delta C_p = 0$; б – $\Delta C_p = 25\%$

Степень снижения емкости с уменьшением температуры меньше при использовании электролита с большей концентрацией серной кислоты. Номинальной для стартерных свинцовых батарей емкостью, гарантируемой предприятием-изготовителем по ГОСТ 959–2002,

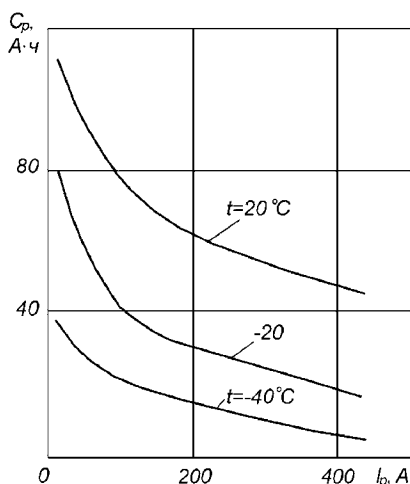


Рис. 2.21. Зависимость разрядной емкости батареи 6СТ-110А от силы разрядного тока при степени заряженности 100 % и различной температуре электролита

считается емкость 20-часового режима разряда. Разряд батарей при испытании на емкость 20-часового режима разряда проводят непрерывно силой разрядного тока, равной $0,05C_{20}$ А, до конечного разрядного напряжения на выводах 5,25 В у 6-вольтовой и 10,5 В у 12-вольтовой батарей (1,75 В на аккумулятор). Температура электролита при разряде должна быть в интервале 18–27 °С.

Емкость (А·ч), отданную батареями в пределах допустимого разряда, определяют по формуле:

$$C_t - 0,05C_{20} \tau_p.$$

Полученную емкость приводят к емкости C_{25} при температуре 25 °С:

$$C_{25} = C_t / [1 + 0,01(t_{cp} - 25)],$$

где t_{cp} — средняя температура между начальной и конечной температурами электролита при разряде, °С; 0,01 — температурный коэффициент изменения емкости в интервале температур 18–27 °С.

Перед проверкой на емкость 20-часового режима разряда батарею полностью заряжают. Заряд проводят током силой $0,1C_{20}$ А до напряжения не менее 2,4 В на каждом аккумуляторе, после чего силу тока уменьшают на 50 % от первоначальной и доводят до состояния полного заряда. Заряд проводят до обильного газовыделения и постоянства напряжения и плотности электролита в течение 2 ч, затем при непрекращающемся заряде корректируют плотность электролита в аккумуляторах до $1,28 \pm 0,01$ г/см³ при температуре 25 °С и уровень электролита в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Заряд при температуре, превышающей 45 °С, **не допускается**.

Необслуживаемые батареи заряжают при температуре окружающей среды 25 ± 5 °С при постоянном напряжении $14,4 \pm 0,10$ В не менее 24 ч и не более 30 ч, причем сила тока не должна превышать $0,05C_{20}$ А.

Емкость батарей, определяемая при 20-часовом режиме разряда, не позже четвертого цикла должна быть не менее 95 %, а необслуживаемых — не менее 100 % номинального значения.

Емкость батарей для стартерных режимов разряда при температурах 25 ± 1 и -18 ± 1 °С указывается не в А·ч, а в силе разрядного тока и конечном напряжении разряда (ГОСТ 959–2002). Характеристики стартерных батарей на первом цикле при температуре заливаемого

электролита 25 ± 1 °C в течении первого года хранения должны иметь следующие параметры (не менее):

Сила разрядного тока, А	$3C_{20}$
Минимальная продолжительность разряда, мин	3,0
Начальное напряжение на выводах батарей (через 30 с от начала разряда для батарей с общей крышкой, в том числе необслуживаемых, а для батарей обычной конструкции через 5–7 с), В	
для 6-вольтовой обычной конструкции	4,2
для 6-вольтовой с общей крышкой и необслуживаемой	4,5
для 12-вольтовой обычной конструкции	8,4
для 12-вольтовой с общей крышкой и необслуживаемой	9,0
Конечное напряжение на выводах батареи, В	
6-вольтовой	3,0
12-вольтовой	6,0

Важным показателем является "резервная емкость" — время разряда (мин) полностью заряженной батареи при температуре 27 ± 5 °C и при силе разрядного тока, равной $25 \pm 0,25$ А, до конечного разрядного напряжения 1,75 В на аккумулятор (10,5 В на батарею).

"Резервная емкость" (мин) позволяет знать время, в течение которого автомобиль может продолжать движение, если отказал генератор, а суммарная сила тока нагрузки равна 25 А, что соответствует работе системы зажигания, включению зимой дальнего света и контрольно-измерительных приборов.

Оценивать емкость батареи можно также по силе тока холодной прокрутки, которая обозначена на батарее. Сила тока холодной прокрутки, указанная в зарубежных стандартах и на батарее, может значительно отличаться от значений, указанных в отечественных стандартах. Сила тока холодной прокрутки и характеристики необслуживаемых батарей при испытании силой тока холодной прокрутки должны быть указаны в стандарте или технических условиях на батарею конкретного типа. Током холодной прокрутки называется сила тока, при которой в конце 30 с разряда при температуре -18 °C конечное напряжение 12-вольтовой батареи не должно быть ниже 7,2 В и для 6-вольтовой — 3,6 В. Если сила тока холодной прокрутки не обозначена на батарее старых конструкций, его можно приблизительно принимать равным $3C_{20}$ А.

Применение нормативного показателя "ток холодной прокрутки" позволяет упростить подбор батареи для двигателя в эксплуатации:

зная силу тока, потребляемую электростартером при пуске двигателя, можно подобрать батарею из условия, чтобы такая сила тока не превышала силу тока холодной прокрутки.

2.9.5. Вольт-амперная характеристика и мощность батареи

Вольт-амперной характеристикой (ВАХ) батареи называется зависимость напряжения на ее выводах от силы разрядного тока для определенного момента включения батареи на разряд (рис. 2.22, а).

Реальная ВАХ нелинейна, а в зоне стартерных токов близка к прямой, поэтому при расчете мощности батареи нелинейностью ВАХ в

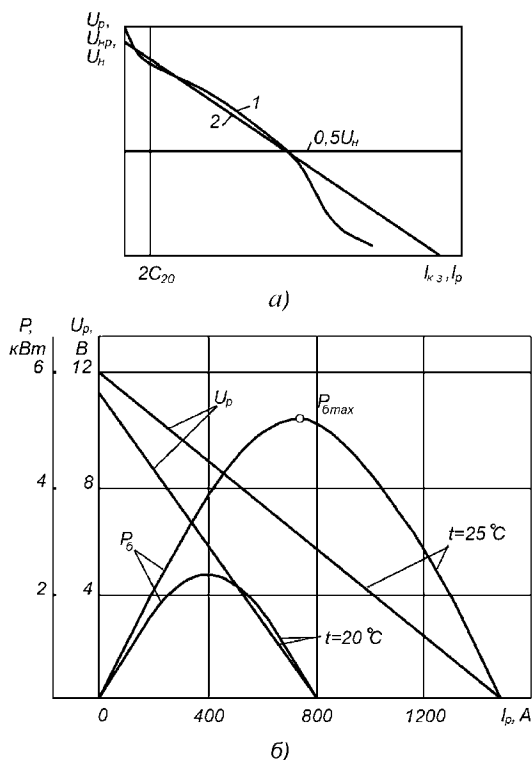


Рис. 2.22. Вольт-амперная и мощностная характеристики батареи:

а – ВАХ $U_p = f(I_p)$; б – мощностные $P_6 = f(I_p)$; 1 – реальная; 2 – расчетная; $U_{нр}$ – начальное разрядное напряжение; $I_{кз}$ – сила тока короткого замыкания; $P_{6\text{max}}$ – максимальная мощность; U_n – начальное напряжение батареи

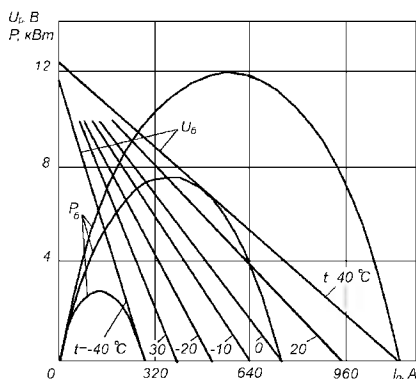


Рис. 2.23. Расчетные вольт-амперные и мощностные характеристики батареи 6СТ-60 в зависимости от температуры электролита

области малой силы тока до $1C_{20}$ А и большой — более $8-10C_{20}$ А — пренебрегают. Мощностная характеристика батареи $P_b = f(I_p)$ в этом случае изображается параболой (рис. 2.22, б). Параметры ВАХ — напряжение начала разряда $U_{н,р}$ и сила тока короткого замыкания батареи $I_{к,з}$ — являются расчетными величинами. Мощность (Вт), развиваемая батареями, определяется по формуле

$$P_b = U_p I_p.$$

По приведенным кривым мощности батареи можно сделать следующие выводы:

максимальная мощность батареи возможна при напряжении $U_{н,р}/2$ и силе тока $I_{к,з}/2$, т.е. $P_{b, \max} = U_{н,р} I_{к,з} / 4$;

использовать при разряде батарею надо до силы тока, равной $I_{к,з}/2$.

При изменении температуры (степени разряженности, износе и др.) изменяется ВАХ батареи, соответственно изменяется мощность батареи (рис. 2.23).

Для обеспечения во внешней цепи максимальной полезной мощности необходимо, чтобы сопротивление внешней цепи было равно полному внутреннему сопротивлению батареи.

2.9.6. Энергия и коэффициенты отдачи

Значения энергии разряда W_p и заряда W_z при $I_p = \text{const}$ определяются из выражений

$$W_p = U_{p, \text{ср}} I_p \tau_p;$$

$$W_z = U_{z, \text{ср}} I_z \tau_z,$$

где $U_{\text{з.ср}}$ и $U_{\text{р.ср}}$ — средние значения напряжения соответственно при заряде и разряде.

Способность батареи отдавать в процессе разряда полученную при заряде энергию оценивают коэффициентами отдачи по емкости η_c и энергии η_w :

$$\eta_c = C_p / C_z; \quad \eta_w = W_p / W_z.$$

Отдача аккумулятора зависит от многих факторов и прежде всего от режима разряда и заряда и температуры. В номинальном режиме разряда коэффициент отдачи по емкости составляет 0,84–0,96, а по энергии 0,75–0,85. Коэффициент отдачи по емкости определяется потерями на разложение воды и саморазряд. Коэффициент отдачи по энергии учитывает также потери на нагрев при прохождении разрядного тока при заряде и разряде.

2.9.7. Саморазряд батарей

Заряженные и исправные батареи теряют емкость при длительном хранении вследствие саморазряда. Саморазряд обусловлен недостаточной чистотой активных веществ и неравномерной плотностью электролита по высоте.

Электроды свинцовой батареи и при разомкнутой внешней цепи взаимодействуют с электролитом, выделяя водород и кислород. Причиной разряда положительных электродов является разность потенциалов между свинцом решеток и диоксидом свинца, когда между ними попадает электролит. При наличии разности потенциалов в контурах микроэлементов возникают разрядные токи, при протекании которых активные массы электродов превращаются в сульфат свинца.

Саморазряд связан также с переходом сурьмы в раствор серной кислоты в результате коррозии решеток положительных электродов. Сурьма увеличивает скорость коррозии и способствует выделению водорода.

Саморазряд заряженной батареи, кроме необслуживаемой, после бездействия в течение 14 сут при температуре окружающей среды $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ не должен превышать 7 % (0,5 % в сут), а после бездействия в течение 28 сут — 20 % номинальной емкости. Саморазряд необслуживаемой батареи после бездействия в течение 90 сут не должен превышать 10 % (0,11 % в сут), а после бездействия в течение одного года — 40 % номинальной емкости.

Ускоренный саморазряд происходит при попадании на наружную поверхность батареи воды, электролита или других токопроводящих жидкостей.

Во избежание ускоренного саморазряда следует при эксплуатации строго выполнять правила технического обслуживания батарей.

Интенсивность самопроизвольного растворения свинца на отрицательном электроде с выделением газообразного водорода существенно возрастает с увеличением концентрации электролита. Увеличение плотности электролита с 1,27 до 1,32 г/см³ приводит к росту интенсивности саморазряда отрицательного электрода на 40 %.

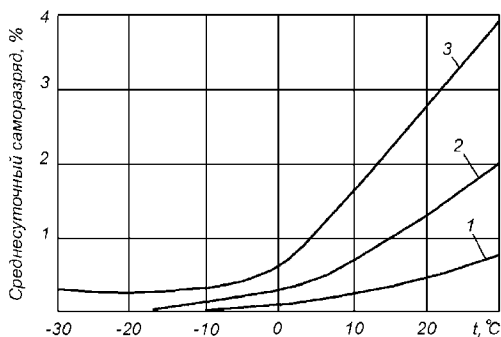


Рис. 2.24. Зависимость среднесуточного саморазряда батарей при бездействии в течение 14 сут от температуры электролита и срока службы:

1 — новой батареи; 2, 3 — в середине и в конце срока службы соответственно

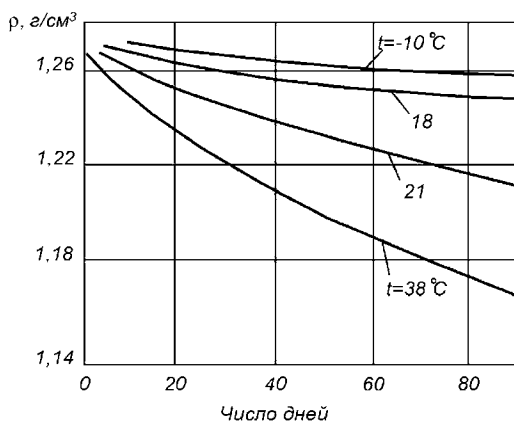


Рис. 2.25. Изменение плотности электролита в зависимости от числа дней хранения батарей при различных температурах

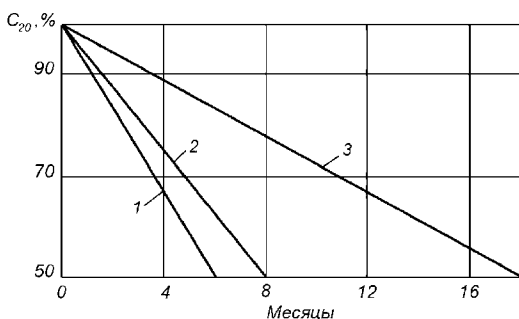


Рис. 2.26. Снижение емкости вследствие саморазряда при бездействии батарей:
 1 – обычной конструкции; 2 – малообслуживаемых ($S_b = 1,5-2,5 \%$); 3 – необслуживаемых ($P_b - C_d$)

Саморазряд батарей в значительной мере зависит от температуры электролита (рис. 2.24). При температуре ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ саморазряд практически прекращается. Поэтому рекомендуется хранить батареи при низких (до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) температурах. В процессе эксплуатации интенсивность саморазряда возрастает особенно резко к концу срока службы. По мере саморазряда уменьшается плотность электролита (рис. 2.25).

Снижение скорости саморазряда малообслуживаемых и необслуживаемых батарей обеспечивается благодаря повышению уровня напряжения, при котором начинается выделение кислорода и водорода на электродах (рис. 2.26). Вероятность быстрого саморазряда батареи вследствие короткого замыкания через токопроводящие мостики между разноименными электродами меньше при использовании сепараторов-конвертов.

3. ГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

3.1. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ. УСЛОВИЯ РАБОТЫ. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Автомобильные и тракторные системы электроснабжения — это совокупность оборудования, обеспечивающего производство электрической энергии необходимого качества, распределение и передачу ее потребителям.

На автомобилях и тракторах применяют системы электроснабжения постоянного тока. В систему электроснабжения входят:

источники электрической энергии (генератор, аккумуляторная батарея);

регулирующие устройства;

элементы контроля и защиты от возможных аварийных режимов (реле и контрольная лампа или одна контрольная лампа).

Основным источником электрической энергии в системе электроснабжения является генератор переменного тока с выпрямителем, который приводится во вращение от двигателя внутреннего сгорания посредством ременной передачи. Специальный узел генератора — выпрямитель обеспечивает преобразование переменного тока в постоянный. Поскольку переменный ток выпрямляется полупроводниковыми диодами (вентильями), такие генераторы называются вентильными. Благодаря использованию полупроводникового выпрямителя значительно повысились надежность и удельная мощность генератора, упростилась его конструкция по сравнению с генератором постоянного тока с механическим выпрямителем — коллектором, уменьшилась трудоемкость технического обслуживания в эксплуатации, расширился диапазон рабочих частот вращения вала генератора.

Генератор с регулятором напряжения образует генераторную установку. Генераторные установки в процессе развития претерпели существенные изменения. Коллекторные генераторы постоянного тока, работающие совместно с вибрационными реле-регуляторами, вытеснены вентильными генераторами с транзисторными или тиристорными регуляторами напряжения. Большинство генераторов в настоящее

время представляют собой устройство, в которое встроены силовой выпрямитель (в ряде случаев и дополнительный для питания обмоток возбуждения) и регулятор напряжения. Существенно усложнились схемы генераторных установок. В них появились элементы защиты от возможных аварийных режимов.

При наличии встроеного в генератор интегрального регулятора напряжения упрощается монтаж генераторной установки на автомобиле и тракторе, снижается трудоемкость технического обслуживания, уменьшается расход монтажных проводов и снижается вероятность возникновения аварийных режимов из-за коротких замыканий в бортовой сети электрооборудования и ошибок при монтаже.

Генераторная установка — достаточно надежное устройство, способное выдерживать повышенную вибрационную нагрузку, высокую температуру под капотом автомобиля, воздействие влажной среды, грязи и других факторов.

Режим работы потребителей электроэнергии на автомобиле и тракторе характеризуется широким диапазоном и случайным характером нагрузки. Скоростной режим работы генератора, ротор которого приводится во вращение от двигателя, также имеет случайный характер. При этом даже при частоте вращения коленчатого вала двигателя, соответствующей режиму холостого хода, генератор должен развивать мощность, достаточную для электроснабжения электронной системы впрыскивания топлива, системы зажигания, информационно-измерительной системы, габаритных огней и фонарей освещения номерного знака.

Основное требование к системе электроснабжения — надежное обеспечение потребителей электрической энергией в различных условиях эксплуатации автомобиля и трактора. Кроме того, элементы системы электроснабжения должны отвечать общим требованиям, которые предъявляются к автотракторному электрооборудованию.

Кроме электроснабжения потребителей, входящих в систему электрооборудования автомобиля и трактора, генератор должен обеспечивать заряд аккумуляторной батареи при работающем двигателе. Выходные параметры генераторной установки выбираются таким образом, чтобы на любых режимах движения автомобиля и работы трактора не происходил прогрессивный разряд аккумуляторной батареи.

Напряжение в бортовой сети электрооборудования должно быть стабильным в широких диапазонах изменений частоты вращения ротора генератора и нагрузки. Данное требование связано с тем, что аккумуляторная батарея весьма чувствительна к уровню и стабильности

напряжения. Слишком низкое напряжение приводит к недозаряду батареи и, как следствие, к затруднениям при осуществлении пуска двигателя. Слишком высокое напряжение вызывает перезаряд батареи и ускоренный выход ее из строя. Весьма чувствительны к уровню напряжения бортовой сети лампы накаливания приборов освещения и сигнализации.

Параллельная работа генератора с аккумуляторной батареей связана со случайным характером распределения нагрузки между ними. Аккумуляторная батарея на автомобиле и тракторе выполняет функции как источника, так и потребителя электрической энергии. Распределение нагрузки между генератором и аккумуляторной батареей зависит от многих факторов, основными из которых являются скоростной режим работы двигателя и зависимость от силы отдаваемого тока частоты вращения ротора генератора, уровень регулируемого напряжения, состояние аккумуляторной батареи и температура окружающей среды.

При наличии электронных устройств особые требования предъявляют к характеру изменения выходного напряжения генераторной установки. Импульсное напряжение возникает в системе электроснабжения как при нормальных режимах работы в результате действия переключающих устройств (диодов выпрямителя и транзисторов регулятора напряжения), так и в аварийных режимах, например, при внезапном отключении аккумуляторной батареи. Кратковременные импульсы напряжения в системе электроснабжения не должны превышать 150 В, которые могут выдерживать полупроводниковые элементы генераторной установки.

Система генерирования электрической энергии в первую очередь характеризуется установленной мощностью генератора. Мощность генераторных установок существенно возросла. До конца 70-х годов XX века на автомобилях среднего класса преобладали генераторные установки мощностью около 500 Вт. К началу 90-х годов эта мощность возросла до 800–900 Вт. На автомобилях высшего класса мощность генератора стала еще на 300–400 Вт больше, что объясняется наличием приборов повышенного комфорта в салоне, прежде всего, кондиционера.

На легковых автомобилях среднего класса и грузовых автомобилях преобладают генераторные установки, рассчитанные на максимальную силу тока 50–70 А, а на автомобилях высшего класса — до 90–100 А, т.е. максимальная мощность, отдаваемая потребителям, достигает 1,4–1,5 кВт. При таких мощностях становится важным обеспе-

чить высокий КПД генераторной установки. Мощность, забираемая генераторной установкой от автомобильного двигателя на максимальной частоте вращения коленчатого вала, приближается к 4,5 кВт. В этом случае расход топлива на привод генератора может достигать 6 % общего расхода, причем 75 % этого расхода топлива теряется на нагрев узлов генераторной установки.

Рост установленной мощности генератора обусловлен как увеличением мощности и количества потребителей электрической энергии, так и увеличением функций, выполнение которых связано с использованием электрической энергии.

Надежность функционирования системы электроснабжения в значительной степени предопределяет безопасность движения автомобиля и выполнения технологических операций трактором. Система электроснабжения должна выполнять заданные функции, сохраняя требуемые эксплуатационные показатели в заданных пределах, при заданных режимах и условиях работы в течение требуемого периода времени.

Параметрами, характеризующими генераторную установку, являются также номинальное напряжение генератора, уровень и диапазон изменения регулируемого напряжения, качество электрической энергии, диапазон частот вращения и передаточное число привода генератора.

Отдачу электрической энергии генератором даже при минимальной частоте вращения ротора, соответствующей минимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода, можно обеспечить за счет увеличения передаточного числа ременной передачи привода генератора. Однако при передаточном числе, большем трех единиц, снижается срок службы ремней и увеличиваются механические нагрузки на вращающиеся узлы и детали генератора и на подшипники.

Отдача электрической энергии генератора зависит от дорожных условий, грузопотока автомобилей, времени суток и года. В черте города скорость автомобиля ограничена условиями уличного движения и существенно ниже, чем при движении автомобиля по загородному шоссе.

Наиболее нагружен генератор при работе ночью в зимний период эксплуатации, когда включены отопитель, обогреватели стекол, приборы системы освещения и световой сигнализации. Потребляемая сила тока в этом случае составляет 55–80 % максимальной силы тока отдачи генератора. При движении автомобиля днем в теплый период

года токовая нагрузка генератора минимальная и не превышает 10–20 % максимальной.

Генераторные установки автомобилей имеют номинальное напряжение 14 и 28 В. Напряжение 28 В характерно для автомобилей с дизелями. У грузовых автомобилей с дизелями система электропитания может обеспечивать два уровня напряжения: 14 В — непосредственно на генераторе для электроснабжения основных потребителей; 28 В — на выходе трансформаторно-выпрямительного блока для подзаряда аккумуляторной батареи, используемой при пуске двигателя.

3.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ВЕНТИЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

3.2.1. Принцип работы генераторов

Преобразование в генераторе механической энергии в электрическую происходит в соответствии с явлением электромагнитной индукции. Если с определенной скоростью изменять магнитный поток, пронизывающий контур из токопроводящего материала, то на выводах контура появляется ЭДС. Когда изменяющийся магнитный поток пронизывает катушку с изолированными друг от друга витками токопроводящего провода, то на выводах катушки возникает ЭДС, пропорциональная произведению числа витков и скорости изменения магнитного потока.

Возможны два варианта изменения магнитного потока (наведения ЭДС) в катушках автомобильных и тракторных генераторов:

- по величине и направлению, что характерно для щеточной конструкции вентильного генератора с клювообразным ротором;

- только по величине, что характерно для бесщеточного генератора, в частности, индукторного.

Основными узлами генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, являются магнитная система с обмоткой возбуждения 4 (рис. 3.1) и стальными участками магнитопровода 1, по которым протекает магнитный поток Φ , и обмотка 2 статора, в которой индуцируется ЭДС при изменении магнитного потока. Магнитный поток создается обмоткой 4 возбуждения при протекании по ней электрического тока и системой полюсов. Полюса с обмоткой возбуждения, кольца, через ко-

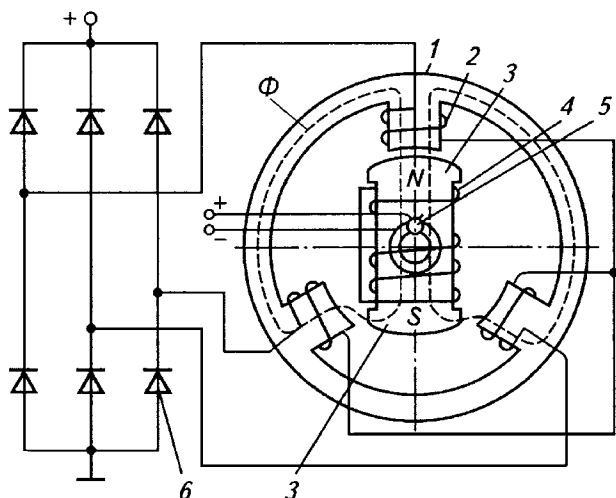


Рис. 3.1. Вентильный синхронный генератор:

1 — магнитопровод; 2 — обмотка статора; 3 — полюс ротора; 4 — обмотка возбуждения; 5 — щетки; 6 — выпрямитель

торые ток от щеток подводится к обмотке возбуждения, вал и некоторые другие конструктивные элементы образуют вращающийся ротор. Обмотка 2, в которой вырабатывается электрический ток, размещена на неподвижном магнитопроводе 1 и вместе с ним представляет собой статор.

При вращении ротора напротив полюсов статора с расположенными на них обмотками фаз оказываются то северный N , то южный S полюсы ротора. Магнитный поток Φ , пронизывающий обмотки статора, изменяется по величине и направлению, что и приводит к появлению в обмотках переменной ЭДС. Частота f изменения ЭДС связана с частотой n_p вращения ротора и числом p пар полюсов ротора соотношением:

$$f = pn_p / 60.$$

В отечественных автомобильных вентильных генераторах число пар полюсов $p = 6$, поэтому частота их переменного тока в десять раз меньше частоты вращения ротора. Чем выше частота вращения ротора и больше величина магнитного потока, тем быстрее происходит его изменение внутри катушек фаз статора и тем выше значения наводимой в них ЭДС.

Обмотка каждой фазы может иметь несколько катушек, соединенных последовательно, параллельно и смешанно. Фазовые обмотки статора соединяют в многолучевую звезду или многоугольник.

В трехфазном генераторе имеются три группы катушек, расположенные на соседних зубцах статора таким образом, что наводимые в них ЭДС смещены на 120° .

При соединении фаз в звезду концы всех фаз соединяют в общей нулевой точке, которую изолируют в генераторе или выводят отдельным нулевым проводом.

При построении фаз в треугольник конец первой фазы соединяют с началом второй фазы, конец второй фазы — с началом третьей фазы, а конец третьей фазы — с началом первой фазы. К точкам соединения фаз подключают линейные провода, подводящие напряжение к выпрямителю.

Построения фаз в звезду и треугольник отличаются соотношениями линейных $U_{\text{л}}$ и фазных $U_{\text{ф}}$ напряжений, значениями сил линейного $I_{\text{л}}$ и фазного $I_{\text{ф}}$ тока:

при соединении фаз в звезду

$$I_{\text{л}} = I_{\text{ф}} \text{ и } U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}},$$

при соединении в треугольник

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}} \text{ и } I_{\text{л}} = \sqrt{3}I_{\text{ф}}.$$

Приведенные соотношения справедливы для действующих значений синусоидально изменяющихся переменных напряжений и силы тока.

Начала фаз соединяют с выпрямителем 6. Выпрямитель выпрямляет тот переменный ток, который к нему подводится, т.е. линейные величины. При соединении в треугольник фазные токи в $\sqrt{3}$ раза меньше линейных, в то время как у звезды линейные и фазные токи равны. Это значит, что при том же отдаваемом генератором токе токи в обмотках фаз при соединении в треугольник значительно меньше, чем при соединении фаз в звезду. В результате в генераторах большой мощности довольно часто применяют соединение в треугольник, так как при токе меньшей силы обмотки можно наматывать более тонким проводом, что технологичнее. Однако линейные напряжения у звезды в $\sqrt{3}$ раз больше фазного, в то время как у треугольника они равны, и для получения такого же выходного напряжения при тех же частотах вращения ротора соединение фаз в треугольник требует соответствующего увеличения числа витков его фаз по сравнению с соединением в звезду.

Более тонкий провод можно применять и при соединении в звезду. В этом случае обмотку статора выполняют из двух параллельных обмоток, каждая из которых соединена в звезду, т.е. получается "двойная" звезда.

3.2.2. Конструктивные схемы автомобильных генераторов с клювообразным ротором

Вентильные генераторы с клювообразным ротором (рис. 3.2) представляют собой синхронную электрическую машину со встроенным полупроводниковым выпрямителем. Основными узлами и деталями генератора являются статор 4, ротор с клювообразными полюсами 3, втулкой 1 и сосредоточенной вращающейся обмоткой 2 возбуждения, крышки со стороны привода и контактных колец 7, щетки 6, шкив, вентилятор и выпрямительный блок.

Пакет статора (рис. 3.3) набран из пластин электротехнической стали. В пазах статора размещены катушки трехфазной (или с большим числом фаз) обмотки. Число пазов на полюс и фазу для генераторов с клювообразным ротором определяется по формуле

$$q = z_1 / 2 p m,$$

где z_1 — число пазов статора; $2p$ — число полюсов ротора; m — число фаз генератора.

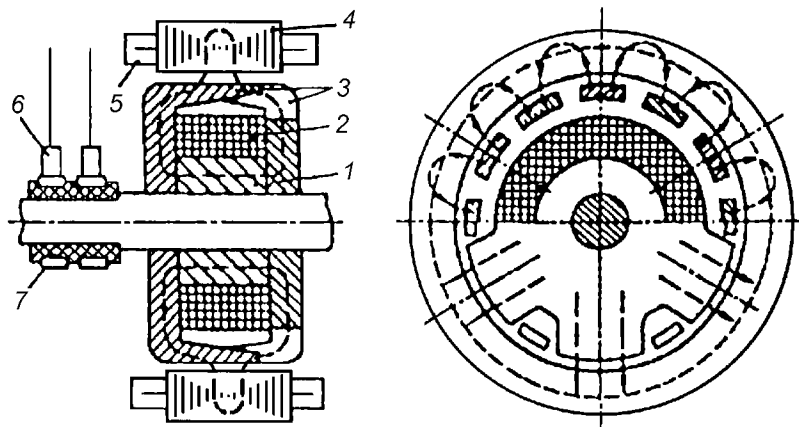


Рис. 3.2. Вентильный генератор с клювообразным ротором:

1 — втулка; 2 — обмотка возбуждения; 3 — клювообразные полюса; 4 — статор; 5 — обмотка статора; 6 — щетка; 7 — контактные кольца

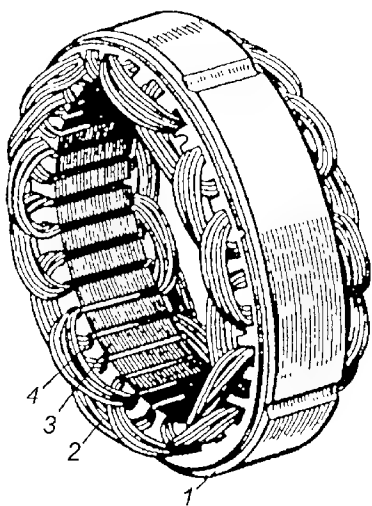


Рис. 3.3. Статор вентиляного генератора:
 1 — магнитопровод; 2 — обмотка; 3 — зубцы; 4 — пазовый клин

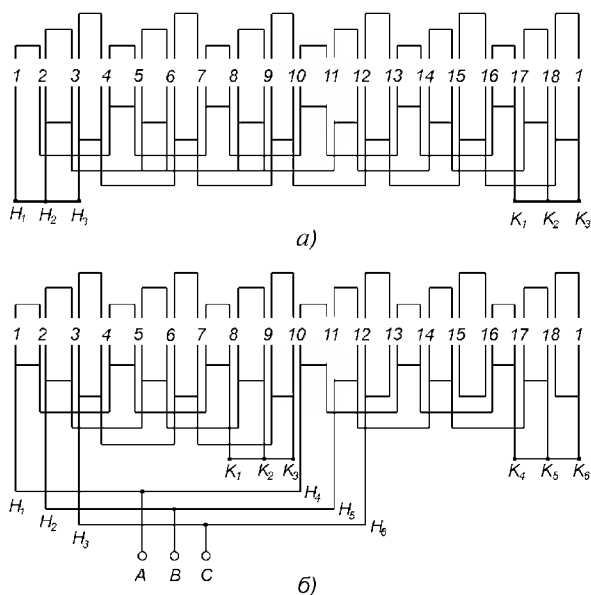


Рис. 3.4. Схема трехфазной обмотки статора при $q = 0,5$:

а — обычная звезда; *б* — двойная звезда; H_1 H_6 , K_1 K_6 — соответственно начальные и конечные точки фаз; *A*, *B*, *C* — выводы фаз

Автомобильные генераторы выполняют с малыми значениями q (0,5; 1,0; 2,0). При меньших значениях q можно получить высокотехнологичную и надежную в эксплуатации конструкцию генератора при малой ее стоимости.

Иногда в вентильных генераторах используют две самостоятельных обмотки. Обмотка с большим числом витков обеспечивает необходимую отдачу по мощности при низкой частоте вращения ротора, с меньшим числом — при большей частоте вращения ротора генератора.

На рис. 3.4 показаны схемы обмотки статора при $q = 0,5$. Каждая катушка расположена на своем зубце статора. Число зубцов (пазов) и катушек восемнадцать. В каждом пазу находятся две стороны катушек разных фаз. В обмотке на рис. 3.4, *а* в каждой фазе расположены шесть последовательно соединенных катушек. В схеме обмотки статора на рис. 3.4, *б* в одной половине пазов размещены катушки, образующие одну звезду, а в другой половине пазов — другую звезду. Каждая фаза состоит из двух параллельных ветвей, в каждой ветви находится по три непрерывно намотанных катушки.

Схемы трехфазной обмотки статора при $q = 1$ приведены на рис. 3.5. Число пазов статора — 36, катушек — 18. Каждая катушка охватывает три зубца, в каждом пазу находится одна сторона катушки. В обмотке статора на рис. 3.5, *а* полное число витков первой катушки наматывают, например, в первый и четвертый пазы, а второй катушки — в седьмой и десятый и т.д. Размер лобовой части (вылет обмотки) определяется двойным числом витков катушки. В обмотке статора на рис. 3.5, *б* в первый и четвертый пазы наматывают только половину витков первой катушки, а вторую половину наматывают в пазы четвертый и седьмой в обратном направлении. Далее в пазы седьмой и десятый наматывают половину витков второй катушки, а вторую половину витков второй катушки в пазы десятый и тринадцатый наматывают в обратном направлении и т.д. При таком способе намотки вылет лобовой части катушки определяется только полуторным числом витков катушки, что позволяет уменьшить массу и габаритные размеры генератора.

Клювообразный ротор автомобильного вентильного генератора (рис. 3.6) состоит из двух полюсных половин, клювы которых образуют у одной половины северную, а у другой южную систему полюсов. При сборке южные полюса располагаются между северными, а обмотка возбуждения, надетая на стальную втулку, оказывается зажатой между полюсными половинами. Клювообразное исполнение ротора позволяет с помощью одной катушки получить многополюсную систему.

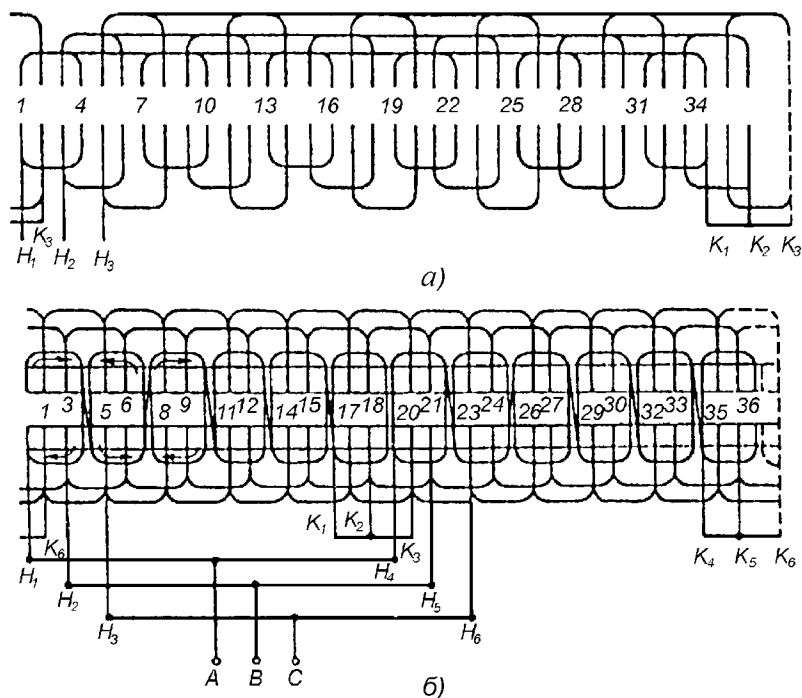


Рис. 3.5. Схема трехфазной обмотки статора при $q = 1$:

а – обычная обмотка (даны номера каждого третьего паза); *б* – обмотка в развал

Основной (рабочий) магнитный поток (рис. 3.7, штриховые линии) проходит через втулку 1 и вал ротора, клювообразные полюса 3 одной полярности, воздушный зазор между ротором и статором, по зубцам и спинке статора 5, еще раз через воздушный зазор и далее через клювообразные полюса 4 другой полярности замыкается на втулку 1 и вал. Часть магнитного потока, создаваемого обмоткой 2 возбуждения (штрихпунктирные линии), замыкается по воздуху мимо статора, не охватывает провода статорной обмотки и в наведении ЭДС в ней не участвует. Эта часть магнитного потока называется магнитным потоком рассеяния.

Действующее (эффективное) значение ЭДС, наводимой в обмотке одной фазы, определяется по формуле:

$$E = 4,44 k_{\text{об}} f w \Phi_{\delta},$$

где $k_{об}$ — обмоточный коэффициент; f — частота индуцируемой ЭДС; w — число последовательно соединенных витков в обмотке одной фазы статора; Φ_0 — магнитный поток в воздушном зазоре генератора.

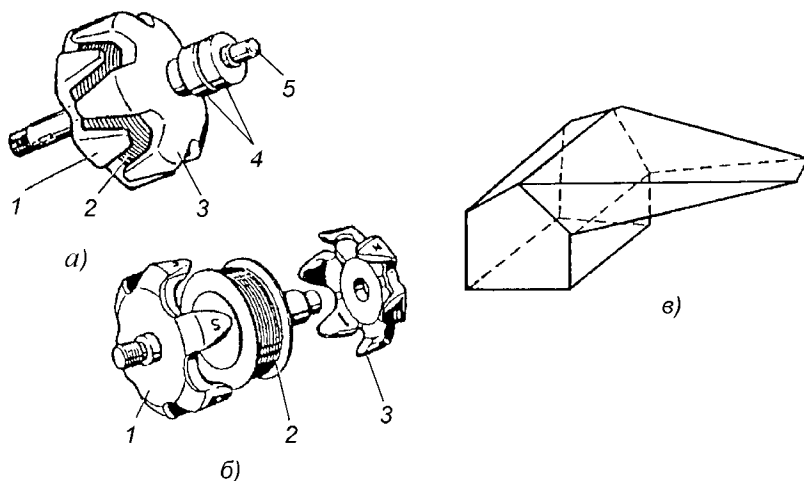


Рис. 3.6. Ключообразный ротор автомобильного вентильного генератора:
а — в сборе; *б* — в разобранном виде; *в* — форма ключообразного полюса; 1 и 3 — полюсные половины; 2 — катушка обмотки возбуждения; 4 — контактные кольца; 5 — вал ротора

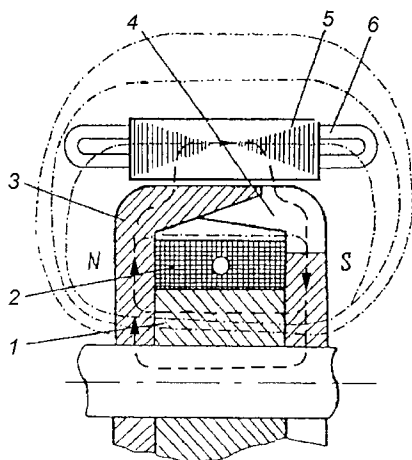


Рис. 3.7. Магнитная система генератора с ключообразным ротором:
 1 — втулка; 2 — обмотка возбуждения; 3, 4 — ключообразные полюса; 5 — статор; 6 — обмотка статора; - - - - — магнитные силовые линии; - - - - — часть магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения

Значения обмоточного коэффициента $k_{об}$ для трехфазных генераторов зависят от числа пазов статора на полюс и фазу q и равны следующим значениям:

0,866 — при $q = 0,5$ (18 пазов на статоре, 12 полюсов на роторе);

1,0 — при $q = 1,0$ (36 пазов на статоре, 12 полюсов на роторе);

0,966 — при $q = 2,0$ (72 паза на статоре, 12 полюсов на роторе).

Изменение ЭДС в проводниках обмотки статора зависит от формы кривой распределения магнитной индукции в рабочем зазоре по окружности статора, которая зависит от формы клювообразных полюсов. В автомобильных вентильных генераторах клювообразные полюса (см. рис. 3.6, *в*) имеют трапециевидную форму поверхности, обращенную к статору. Полюс такой формы обеспечивает близкую к синусоидальной форму кривой ЭДС.

Ток к вращающейся обмотке 2 (см. рис. 3.2) возбуждения подводится через щетки 6 и контактные кольца 7. Вал ротора вращается в двух шарикоподшипниках, установленных в крышках. Крышки расположены по торцам статора и стянуты винтами. Существенный недостаток таких генераторов — наличие контактного узла, состоящего из электрощеток и колец, который подвержен изнашиванию. Пыль, грязь, топливо, масло и вода, попадая на контактный узел, быстро выводят его из строя. Специальная защита от загрязнения кардинально не решает проблему изнашивания контактного узла, но существенно усложняет конструкцию генератора.

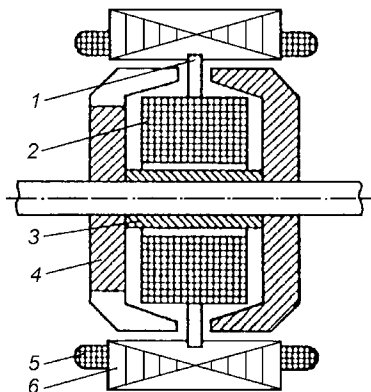
3.2.3. Конструктивная схема бесщеточного генератора с клювообразными полюсами

Известны бесщеточные генераторы, являющиеся промежуточной конструкцией между генератором с клювообразным исполнением ротора и индукторным генератором. Это генератор с укороченными полюсами (рис. 3.8), который можно получить конструктивно, если раздвинуть клювообразные половины полюса так, чтобы они не перекрывали друг друга, и в образовавшуюся щель пропустить крепежный элемент 1 (немагнитная обойма) и электрические провода для подвода тока к обмотке 2 возбуждения. Обмотка находится в подвешенном состоянии над стальной втулкой между двумя полюсными половинами.

Магнитный поток в данном генераторе имеет постоянное направление у каждой полюсной половины, что характерно для индукторно-

Рис. 3.8. Конструктивная схема бесщеточного вентиляного генератора с укороченными полюсами:

1 — крепежный элемент обмотки возбуждения; 2 — обмотка возбуждения; 3 — втулка; 4 — полюсные половины с укороченными клювами; 5 — обмотка статора; 6 — статор



го генератора, но в целом направление магнитного потока, пронизывающего катушки фаз статора, меняется.

3.2.4. Конструктивная схема индукторного генератора

Индукторным является генератор переменного тока, при работе которого в режиме холостого хода магнитная индукция в любой точке поверхности расточки статора (якоря) изменяется только по величине без изменения направления, т.е. является пульсирующей. В индукторном генераторе обмотки и статора, и ротора (индуктора) неподвижны, а изменение магнитного потока, пронизывающего катушки обмоток фаз статора, вызывается перемещением ферромагнитной массы ротора.

Существует большое число модификаций индукторных генераторов, причем такое разнообразие касается не столько конструктивных элементов, сколько конфигурации магнитной системы и схем обмотки статора.

Генератор индукторного типа (рис. 3.9) представляет собой бесконтактную, одноименно-полюсную электрическую машину переменного тока с односторонним электромагнитным возбуждением. Стальная звездочка ротора 4 вращается вместе с валом 3, который проходит внутри подвижной втулки 2. На втулке закреплена обмотка возбуждения, а на зубцах статора — его обмотка 7. При прохождении постоянного тока через обмотку возбуждения в магнитной цепи генератора возникает магнитный поток (силовые линии показаны штрихпунктирной линией). Магнитный поток замыкается че-

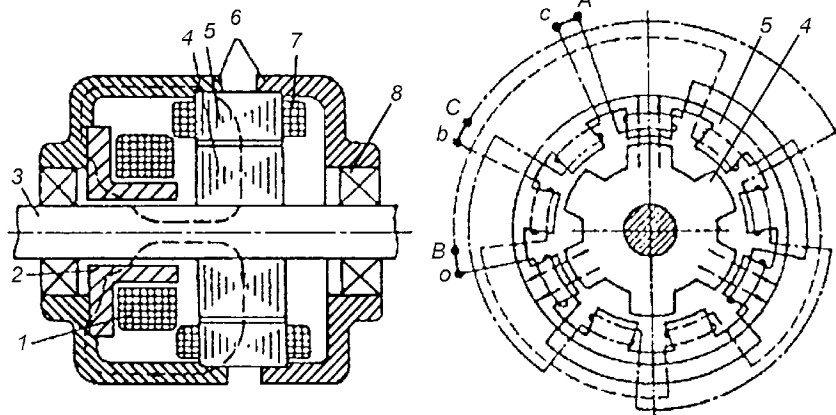


Рис. 3.9. Генератор индукторного типа:

1 обмотка возбуждения; 2 втулка с фланцем (магнитная система индуктора); 3 вал; 4 ротор; 5 магнитопровод статора; 6 крышки; 7 обмотка статора; 8 подшипник; А, В, С и а, b, с соответственно начальные и конечные точки фаз

рез воздушный зазор между втулкой 2 и валом 3, звездочку ротора, рабочий зазор между ротором и статором, пакет статора, крышку 6 со стороны катушки возбуждения и толстостенную шайбу или фланец втулки 2.

Пакет статора набирается из листовой стали. Ротор может быть шихтованным или монолитным.

Катушки обмотки статора имеют шаг, равный или близкий к зубцовому делению статора или половине зубцового деления ротора. Полусным делением индукторной машины является половина зубцового шага ротора, поэтому зубец и паз ротора можно рассматривать как разноименные полюса индуктора.

Для одноименно-полюсного индукторного генератора характерны следующие особенности:

наличие осевой намагничивающей силы и соответствующего осевого магнитного потока;

наличие массивных участков в магнитной цепи, таких как корпус, ротор и втулка ротора;

зубцы статора перемагничиваются с основной частотой, поэтому зубцовая зона статора должна быть выполнена из шихтованной стали.

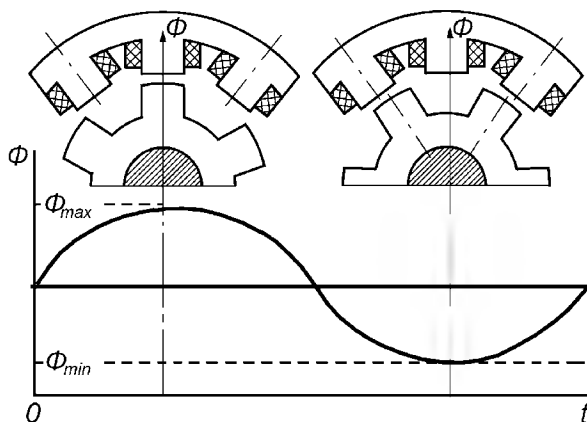


Рис. 3.10. Изменение магнитного потока в зубце статора во времени

Частота ЭДС, наведенной в обмотке индукторного генератора, независимо от конфигурации зубцовой зоны, определяется только числом зубцов ротора и частотой вращения его вала.

Все зубцы ротора имеют одну полярность. Изменение магнитного потока связано с изменением магнитной проводимости воздушного зазора под зубцами статора. Поток в зубце статора достигает максимального значения $\Phi_{\max}$ (рис. 3.10), когда оси зубцов ротора и статора совпадают, и уменьшается до минимума $\Phi_{\min}$ после поворота на 180° электрических градусов, когда ось зубца статора совпадает с осью впадины звездочки ротора.

Для большей степени изменения магнитного потока и, следовательно, повышения мощности генератора во впадинах звездочки ротора закрепляют постоянные магниты. В трехфазных индукторных генераторах статор имеет девять зубцов с обмотками, а в пятифазных — десять.

Магнитный поток индукторного генератора имеет постоянную и переменную составляющие. Постоянная составляющая в наведении ЭДС в обмотках статора не участвует и ухудшает использование материалов генератора, что требует увеличения объема и массы магнитопровода по сравнению с обычными вентильными генераторами. ЭДС в катушках наводит только переменная составляющая магнитного потока. Величина индуцируемой ЭДС зависит от амплитуды магнитного потока, числа витков обмотки статора и частоты n_p вращения ротора. Чем больше число витков, тем при меньшей частоте вращения ро-

тора можно получить требуемое напряжение. Как правило, звездочка ротора имеет шесть зубцов. Частота переменного напряжения определяется по формуле

$$f = n/10.$$

Конструкция индукторных генераторов проста. Они технологичны при производстве и надежны в эксплуатации, имеют высокий КПД, удовлетворительные регулировочные характеристики, работоспособны в сложных условиях эксплуатации. По надежности, простоте конструкции и технологичности при многофазном исполнении определенными преимуществами обладают одноименно-полюсные генераторы. Указанные генераторы благодаря большей возможности их многофазного исполнения со специальными схемами обмоток обеспечивают лучшую по сравнению с разноименно-полюсными генераторами форму кривой напряжения и вырабатывают электроэнергию более высокого качества. Кроме того, они могут развивать большую предельную мощность при монолитной конструкции ротора.

Конструкция одноименно-полюсных генераторов может быть одно- или двухпакетной. Однопакетные генераторы выполняются как с односторонним, так и двухсторонним возбуждением.

Недостатками однопакетной конструкции являются наличие дополнительного зазора, а также необходимость выполнения держателей подшипников (корпус, крышки) из магнитомягкого материала, что ухудшает массогабаритные показатели генератора.

Вентильные индукторные генераторы устанавливаются на автомобилях и на всех отечественных тракторах и сельскохозяйственных машинах. Конструктивно такие генераторы представляют собой одноименно-полюсные индукторные машины с односторонним или двухсторонним электромагнитным возбуждением, встроенными выпрямителями и интегральными регуляторами напряжения.

3.2.5. Генераторы интегрального исполнения

Перспективно применение на автомобилях интегрированных генераторов, т.е. генераторов, объединенных с двигателем внутреннего сгорания. Встроенные интегральные конструкции позволяют повысить их технические, эксплуатационные и экономические показатели за счет повышения КПД и меньшего числа конструктивных элементов. Эффективность такой конструкции значительно возрастает, если встроенная в первичную силовую установку электрическая машина

используется в качестве как генератора, так и электростартера для осуществления пуска двигателя.

Применение интегрированных стартер-генераторов, в которых функции электростартера и генератора выполняет одна электрическая машина, позволяет существенно снизить расход материалов.

3.3. ВЫПРЯМЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

3.3.1. Схемы выпрямления переменного тока

Переменный ток вентильных генераторов выпрямляется кремниевыми полупроводниковыми диодами. Диоды имеют два вывода, пропускают ток только от анодного вывода к катодному, к аноду подведен положительный потенциал. В противоположном направлении диоды тока не пропускают, если обратное напряжение не превышает допустимого значения. В выпрямителях генераторов устанавливают диоды прямой и обратной полярностей. У диода прямой полярности с корпусом соединен катод, а у диода обратной полярности — анод.

Технико-экономические показатели и характеристики вентильных генераторов в значительной мере определяются схемой и параметрами полупроводниковых выпрямителей. В зависимости от числа m фаз обмотки статора используются одно-, трех- и многофазные ($m > 3$) схемы выпрямления. Выпрямители могут быть одноктактными (однополупериодными) или двухтактными (двухполупериодными). В однополупериодных схемах выпрямления ток в обмотках статора протекает только один раз за период, а в двухполупериодных — дважды (в противоположных направлениях).

Однополупериодное выпрямление переменного тока однофазного источника G (рис. 3.11, *а*) обеспечивает один диод VD , который включается последовательно с нагрузкой R .

Для двухполупериодного выпрямления однофазного тока собирают мостовой выпрямитель из четырех диодов $VD1$ – $VD4$ (рис. 3.11, *б*). Положительная полуволна переменного напряжения открывает вентили $VD1$ и $VD4$. Во втором полупериоде открыты вентили $VD2$ и $VD3$. В течение всего времени работы генератора с мостовым выпрямителем на нагрузку подается напряжение U_d одного знака.

Если в каждую фазу генератора включить по одному диоду $VD1$, $VD2$ и $VD3$ (рис. 3.11, *в*), можно получить однополупериодный выпрямитель трехфазного тока. Каждый диод выпрямителя проводит ток

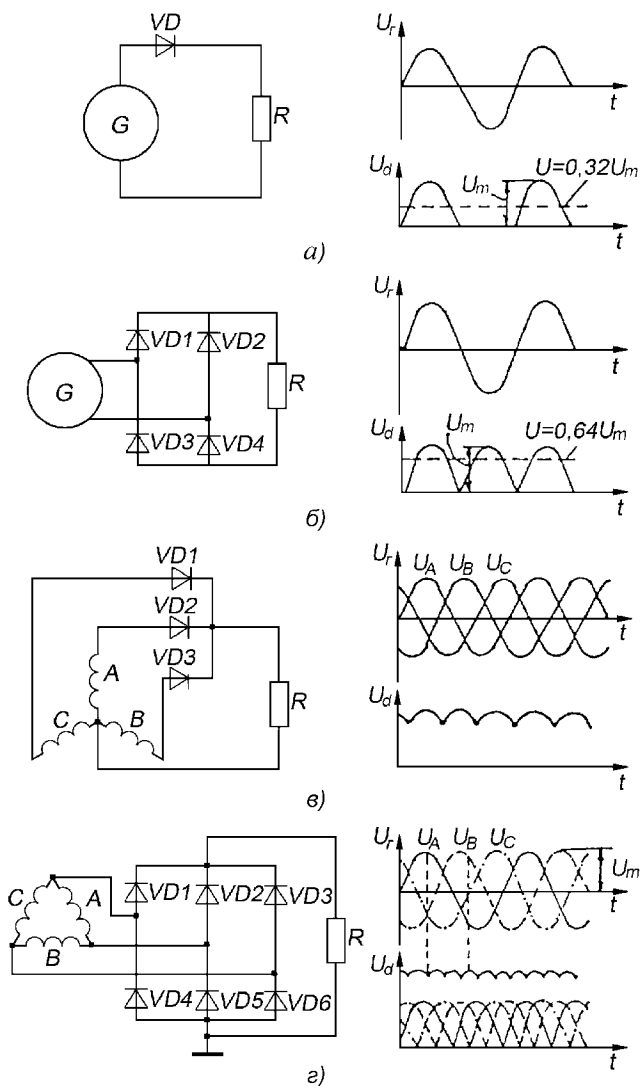


Рис. 3.11. Схема генераторных установок с выпрямителями и их характеристики:
 A, B, C — фазы обмотки статора генератора; U_t, U_A, U_B, U_C — напряжения генератора и фаз соответственно A, B, C ; U_m — амплитудное значение фазного напряжения; U_d — выпрямленное напряжение

только в течение $1/3$ периода, когда напряжение приложено к нему в прямом направлении.

Двухполупериодный выпрямитель трехфазного тока имеет три пары диодов $VD1-V D6$ (рис. 3.11, з). Одно плечо выпрямителя образуют диоды $VD1-V D3$ прямой полярности, которые катодами соединены с положительным выводом вентильного генератора. Во втором плече выпрямителя установлены диоды $VD4-V D6$ обратной полярности. Их аноды соединены с массой. В проводящем направлении работает один из диодов $VD1$, $VD2$ или $VD3$, у которого анод имеет наибольший потенциал, а в группе диодов $VD4-V D5$ — диод с самым низким потенциалом. В момент времени t , когда в фазе A напряжение положительно и максимально, а в фазах B и C напряжения отрицательны и равны, ток в нагрузку поступает через открытый диод $VD1$ и два диода $VD5$ и $VD6$. В момент времени, когда напряжение фазы A равно нулю, фазы B — положительно, а фазы C — отрицательно, ток проводят диоды $VD2$ и $VD4$. Остальные диоды тока не пропускают.

Частота пульсаций выпрямленного двухполупериодным трехфазным выпрямителем напряжения U_d в шесть раз больше частоты переменного тока:

$$f_n - 6f = 0,1z_p n_p,$$

где z_p — число полюсов индуктора.

Минимальное, максимальное и среднее значения выпрямленного напряжения равны соответственно $1,5U_m$, $1,73U_m$ и $1,65U_m$ (U_m — амплитудное значение напряжения фаз). Изменение выпрямленного напряжения $\Delta U_d = 0,23U_m = 0,139U_d$, что при среднем значении выпрямленного напряжения 14 В составляет 1,95 В.

Коммутация в вентильных генераторах не может быть идеальной, так как ток закрывающегося диода не исчезает мгновенно, а сила тока вступающего в работу диода нарастает постепенно. Поэтому с изменением нагрузки генератора изменяются соотношения между фазными и выпрямленными напряжениями и силами тока.

Продолжительность коммутации, выражаемую в электрических градусах, называют углом γ коммутации.

В отличие от режима холостого хода выпрямленное напряжение в период коммутации не изменяется по огибающей фазных и линейных напряжений. Кривая выпрямленного напряжения существенно искажается из-за несинусоидальности напряжений в фазах обмотки статора, специфического действия реакции якоря, нелинейности ВАХ полупроводниковых диодов и т.д.

Важным показателем вентильного генератора является коэффициент использования $k_{\text{и}}$ — отношение реальной мощности к расчетной мощности генератора. Коэффициент $k_{\text{и}}$ характеризует уменьшение мощности вентильного генератора по сравнению с мощностью используемого в нем генератора переменного тока, связанное с перерывами протекания токов в фазах и процессами коммутации при их переключении на внешнюю цепь нагрузки. Коэффициент $k_{\text{и}}$ зависит от числа фаз обмотки статора, угла γ коммутации и выбранной схемы выпрямителя.

Для лучшего использования вентильного генератора желательно выбирать трехфазную мостовую двухполупериодную схему выпрямления (см. рис. 3.11, г). Благодаря высокому коэффициенту использования генератора и хорошему качеству выпрямленного напряжения трехфазные мостовые схемы выпрямления получили наибольшее распространение в автотракторных вентильных генераторах. При числе фаз обмотки стартера, большем трех, их целесообразно соединять в многоугольники.

Отличительной особенностью вентильного генератора является большая, чем у коллекторных генераторов постоянного тока, амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения. Амплитуда пульсаций зависит от числа фаз генератора, выбранной схемы выпрямителя и нагрузки генератора. В тех случаях, когда не удастся обеспечить допустимый уровень пульсаций за счет правильного выбора параметров генератора и схемы выпрямителя, применяют сглаживающий фильтр.

Относительная пульсация выпрямленного напряжения вычисляется по формуле

$$\Delta U = \frac{U_{d \max} - U_{d \min}}{2U_{d0}} \cdot 100 \%,$$

где $U_{d \max}$, $U_{d \min}$ — максимальное и минимальное значения выпрямленного напряжения; U_{d0} — среднее значение выпрямленного напряжения в режиме холостого хода.

При работе вентильного генератора под нагрузкой амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения возрастает, что связано с затягиванием процесса коммутации с закрывающегося диода на открывающийся. При трехфазной мостовой схеме выпрямления без сглаживающих фильтров относительная пульсация напряжения может достигать 35 %. В случае пятифазной схемы выпрямления относительная пульсация напряжения при номинальных режимах работы вентильного генератора обычно не превышает 13 %. При этом, благо-

даря десятикратному превышению частоты основной гармоники выпрямленного напряжения по отношению к частоте напряжения самого генератора, облегчается фильтрация выходного напряжения.

На рис. 3.12 приведена схема генераторной установки с дополнительным силовым плечом и ее характеристики. Обычно выпрямитель трехфазной мостовой схемы содержит шесть силовых полупроводниковых диодов $VD1$ – $VD6$. При необходимости форсирования мощности генератора применяется дополнительное плечо выпрямителя на диодах

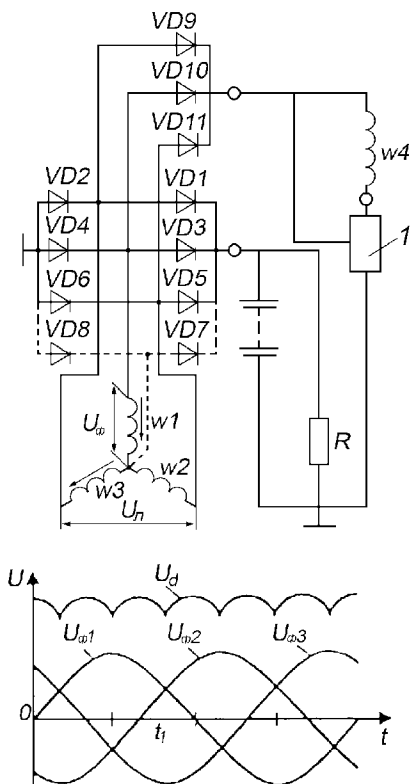


Рис. 3.12. Схема генераторной установки с дополнительным силовым плечом $VD7$ – $VD8$ и ее характеристики:

$U_{\phi 1}$ – $U_{\phi 3}$ – напряжение в обмотках фаз; $w1$, $w2$, $w3$ – обмотки трех фаз статора; $VD2$, $VD4$, $VD6$, $VD8$ – диоды силового выпрямителя; $VD9$, $VD10$, $VD11$ – диоды выпрямителя в цепи обмотки возбуждения; $w4$ – обмотка возбуждения; I – регулятор напряжения

$VD7$ и $VD8$ (см. рис. 3.12, штриховая линия). Такая схема выпрямления возможна только при соединении обмоток статора в звезду.

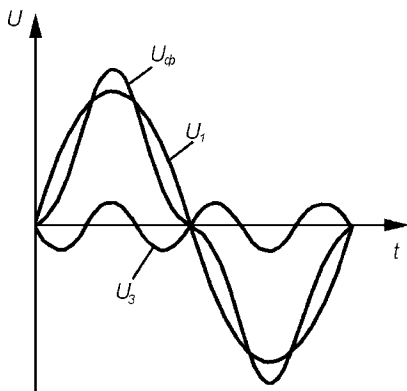
У многих типов генераторов обмотка возбуждения подключается к собственному выпрямителю, собранному на диодах $VD9$ – $VD11$. Такое подключение обмотки возбуждения препятствует протеканию через нее тока разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе.

3.3.2. Принцип работы выпрямителей вентильных генераторов

В зависимости от фазных напряжений можно определить, какие диоды открыты, а какие закрыты в данный момент. Фазные напряжения $U_{\phi 1}$, $U_{\phi 2}$ и $U_{\phi 3}$ (см. рис. 3.12) действуют соответственно в обмотках первой, второй и третьей фаз. Данные напряжения изменяются по кривым, близким к синусоидам, и в одни моменты времени они положительны, а в другие — отрицательны. Если положительное направление напряжения в фазе соответствует стрелке, направленной к нулевой точке обмотки статора, а отрицательное — от нулевой точки, то, например, для момента времени t_1 напряжение второй фазы отсутствует, напряжение первой фазы — положительное, а третьей фазы — отрицательное. Если направление напряжений фаз соответствует стрелкам, показанным на рис. 3.12, то ток через обмотки, диоды и нагрузку будет протекать в направлении указанных стрелок. При этом открыты диоды $VD1$ и $VD4$. Рассмотрев любые другие моменты времени, легко убедиться, что в трехфазной системе диоды силового выпрямителя переходят из открытого состояния в закрытое и обратно таким образом, что ток в нагрузке имеет только одно направление — от положительного вывода генераторной установки к массе, т.е. в нагрузке протекает постоянный (выпрямленный) ток.

Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током обмотку возбуждения. При этом в выпрямителе обмотки возбуждения тоже входят шесть диодов, но три из них $VD2$, $VD4$ и $VD6$ — общие с силовым выпрямителем. Так, в момент времени t_1 открыты диоды $VD4$ и $VD9$, через которые выпрямленный ток поступает в обмотку возбуждения. Сила тока значительно меньше, чем сила тока, отдаваемого генератором на нагрузку. Поэтому в качестве диодов $VD9$ – $VD11$ применяются малогабаритные слаботочные диоды, рассчитанные на силу тока 2 А (для сравнения, диоды силового выпрямителя допускают протекание токов силой до 25–35 А).

Рис. 3.13. Фазное напряжение как сумма синусоид первой U_1 и третьей U_3 гармоник



Принцип работы плеча выпрямителя, содержащего диоды $VD7$ и $VD8$, состоит в следующем. Если бы фазные напряжения изменялись точно по синусоиду, указанные диоды вообще не участвовали бы в процессе преобразования переменного тока в постоянный. Однако в реальных генераторах форма фазных напряжений отличается от синусоиды. Она представляет собой сумму синусоид, которые называются гармоническими составляющими или гармониками: первой, частота которой совпадает с частотой фазного напряжения, и высшими, главным образом, третьей, частота которой в 3 раза выше первой. Реальная форма фазного напряжения в виде суммы первой и третьей гармоник представлена на рис. 3.13. В линейном напряжении, которое подводится к выпрямителю и выпрямляется, третья гармоника отсутствует. Это объясняется тем, что третьи гармоники всех фазных напряжений совпадают по фазе и при этом взаимно уравниваются друг друга в линейном напряжении. Следовательно, мощность, развиваемая третьей гармоникой фазного напряжения, не используется. Для того чтобы ее использовать, добавляют диоды $VD7$ и $VD8$, присоединяемые к нулевой точке обмотки фаз, которые выпрямляют только напряжение третьей гармоники. Применение диодов $VD7$ и $VD8$ на 5–15 % увеличивает мощность генератора при частоте вращения ротора более 3000 мин⁻¹.

Применение в регуляторе напряжения электронных элементов и особенно интегральных микросхем, т.е. применение полевых транзисторов или выполнение всей схемы регулятора на монокристалле кремния, потребовало введения в генераторную установку элементов защиты ее от всплесков высокого напряжения, например при внезапном отключении аккумуляторной батареи или сбросе нагрузки. Такая защита обеспечива-

ется заменой диодов силового выпрямительного моста стабилитронами. Отличие стабилитрона от выпрямительного диода состоит в том, что при воздействии на него напряжения в обратном направлении он не пропускает ток лишь до определенной величины этого напряжения, называемого напряжением стабилизации. Обычно в силовых стабилитронах напряжение стабилизации составляет 25–30 В. При достижении такого напряжения стабилитроны пробиваются, т.е. начинают пропускать ток в обратном направлении, причем в определенных пределах изменения силы этого тока напряжение на стабилитроне и, следовательно, на выводах генератора остается неизменным, не достигая опасных для электронных элементов значений.

Применение в генераторах обмоток статора многофазного исполнения, например пятифазного, ничего принципиально не меняет в работе выпрямителя. Выпрямитель в данном случае содержит десять диодов, пульсации выпрямленного напряжения при этом снижаются по сравнению с трехфазной системой.

В вентильном генераторе диоды выпрямителя не проводят ток от аккумуляторной батареи к обмотке статора, в результате отсутствует необходимость в реле обратного тока, что значительно упрощает схему генераторной установки.

В обмотку возбуждения может подаваться ток аккумуляторной батареи. Поэтому возможен разряд батареи на обмотку при длительной стоянке автомобиля. Присоединение обмотки возбуждения к дополнительному выпрямителю имеет также негативную сторону, связанную с самовозбуждением генератора.

Самовозбуждение генератора происходит при выполнении ряда условий:

- наличия в генераторе остаточного магнитного потока при отсутствии тока возбуждения;

- достаточно низкого сопротивления цепи возбуждения.

Если рассмотренные условия не выполняются, то напряжение генератора в рабочем диапазоне частот вращения ротора может не появиться.

3.4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕНТИЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

У вентильных генераторов есть некоторые особенности, влияющие на их характеристики:

- выпрямление переменного тока;

подбор обмоточных данных, обеспечивающих номинальное напряжение при минимальной частоте вращения ротора, соответствующей режиму холостого хода двигателя;

самоограничение отдаваемого генератором тока.

Основными параметрами генератора являются напряжение, частота вращения ротора и мощность (или сила тока, отдаваемого генератором при заданном напряжении).

3.4.1. Характеристики холостого хода

Зависимость выпрямленного напряжения U_d (рис. 3.14) от силы тока возбуждения I_b при отключенной нагрузке и постоянной частоте вращения ротора n_p называют характеристикой вентильного генератора в режиме холостого хода. В режиме холостого хода выпрямленное напряжение равно ЭДС E_d . Характеристики вентильного генератора в режиме холостого хода получают при независимом возбуждении.

На рис. 3.15 даны характеристики индукторного генератора в режиме холостого хода. Характеристику I имеют индукторные генераторы с ненасыщенной магнитной системой. При насыщении зубцов

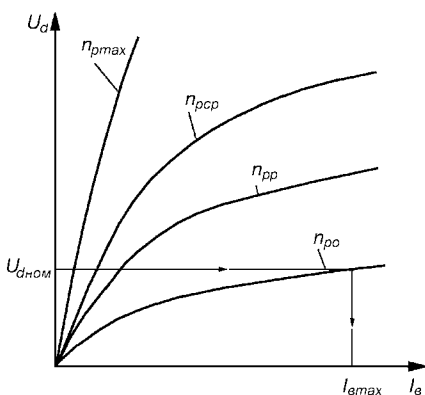


Рис. 3.14. Характеристики вентильного генератора в режиме холостого хода:

n_{rmax} , $n_{рср}$, n_{pp} , n_{po} — частоты вращения ротора соответственно максимальная, средняя, расчетная и начала отдачи; $U_{dном}$ — выпрямленное номинальное напряжение

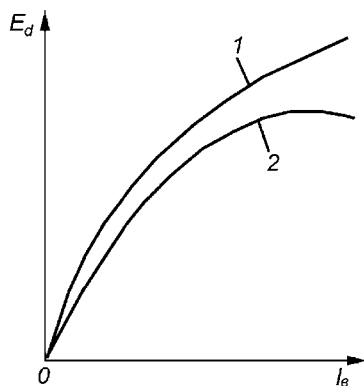


Рис. 3.15. Характеристики тракторного индукторного генератора в режиме холостого хода

статора и ротора уменьшается амплитуда переменной составляющей магнитного потока, что приводит к снижению ЭДС E_d при токах возбуждения большой силы (кривая 2).

3.4.2. Внешние характеристики

Внешние характеристики представляют собой зависимости выпрямленного напряжения U_d (рис. 3.16) от силы тока нагрузки I_n при постоянстве частоты вращения ротора, напряжения на выводах обмотки возбуждения и ее сопротивления. При увеличении нагрузки выпрямленное напряжение падает под действием реакции якоря, падения напряжения в цепи статора (якоря) и в выпрямителе, причем падение напряжения в обмотках статора значительно и зависит от частоты вращения ротора.

Внешние характеристики определяются при самовозбуждении и независимом возбуждении. Снижение напряжения при увеличении нагрузки происходит не только на активном, но и на индуктивном сопротивлениях обмоток статора. В случае самовозбуждения добавляется также падение напряжения на обмотке возбуждения. Размагничивающее действие реакции якоря уменьшает магнитный поток в рабочем воздушном зазоре.

Из внешних характеристик определяется максимальная сила тока $I_{n \max}$, которая создается при заданном или регулируемом значении напряжения.

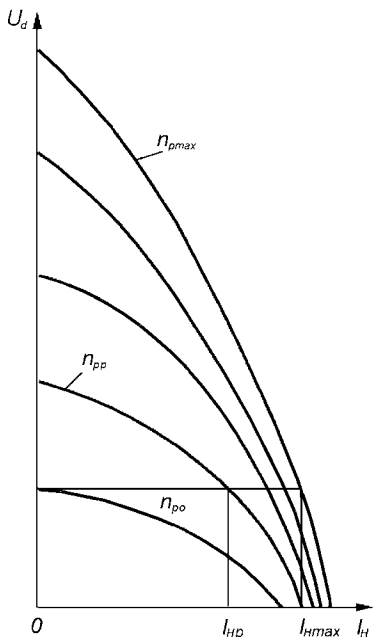


Рис. 3.16. Внешние характеристики вентильных генераторов:

$I_{нр}$, $I_{нmax}$ — соответственно расчетное и максимальное значения силы тока нагрузки

3.4.3. Скоростная регулировочная характеристика

Скоростная регулировочная характеристика (рис. 3.17, а), представляющая собой зависимость силы тока возбуждения I_b от частоты вращения ротора при постоянстве напряжения генераторо-

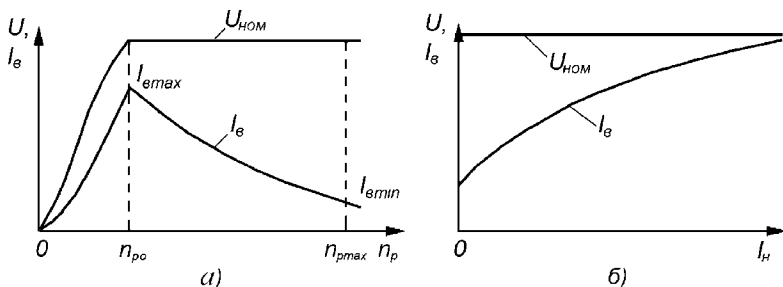


Рис. 3.17. Зависимости напряжения генератора и силы тока I_v возбуждения:
а от частоты вращения ротора; *б* от силы тока нагрузки; $U_{ном}$ номинальное напряжение

ра, обычно определяется при нескольких значениях силы тока нагрузки.

Минимальная сила тока возбуждения определяется при силе тока нагрузки, равной нулю, и максимальной частоте вращения ротора генератора. Скоростные регулировочные характеристики позволяют определить диапазон изменения силы тока возбуждения с изменением нагрузки при постоянном напряжении.

При постоянном номинальном напряжении $U_{ном}$ с увеличением частоты вращения n_p ротора генератора сила тока I_v возбуждения должна уменьшаться (рис. 3.17, *а*), а при увеличении силы тока нагрузки I_n — возрастать (рис. 3.17, *б*).

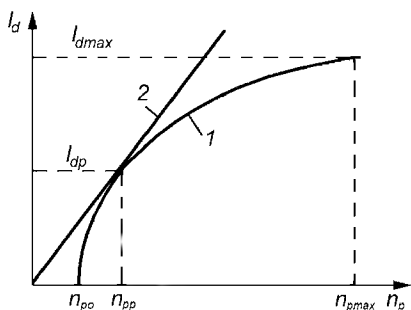
Напряжение генератора необходимо поддерживать постоянным в диапазоне частот вращения от n_{p0} до n_{pmax} . Сила тока возбуждения будет изменяться от I_{vmax} до I_{vmin} . Кратность регулирования по частоте вращения для автомобильных генераторов составляет 6–8, а кратность регулирования по силе тока возбуждения ($k_I = I_{vmax}/I_{vmin}$) — 15–20.

Кратность регулирования по силе тока возбуждения больше, чем кратность регулирования по частоте вращения, потому что характеристика намагничивания генератора имеет нелинейный характер. Обычно у вентильных генераторов имеет место глубокое насыщение магнитной цепи. Наибольшая кратность регулирования по току возбуждения возможна в режиме холостого хода.

3.4.4. Токоскоростная характеристика

В связи с непрерывным изменением режима работы двигателя, частоты вращения ротора и нагрузки генератора важной является

Рис. 3.18. Токоскоростная характеристика



токоскоростная характеристика — зависимость силы тока I_d , которую генератор может отдавать потребителям при заданном напряжении, от частоты вращения ротора (рис. 3.18).

Токоскоростная характеристика $I_d = f(n_p)$ снимается при $U_d = \text{const}$ и $I_b = \text{const}$. Контрольными являются значения начальной частоты вращения ротора n_{p0} отдачи генератора, расчетная частота вращения ротора n_{pp} и соответствующая ей расчетная сила тока I_{dp} , а также максимальная сила тока $I_{d \max}$ при $n_{p \max}$. Расчетные частоты вращения ротора n_{pp} и сила тока I_{dp} определяются в точке касания токоскоростной характеристики 1 и прямой 2, проведенной из начала координат. Этой точке соответствует максимальное значение отношения расчетной мощности P_{dp} к расчетной частоте n_{pp} вращения ротора (режим максимального нагрева генератора).

Токоскоростная характеристика используется при разработке или выборе генератора. Характеристика может быть определена при независимом возбуждении, самовозбуждении и работе генератора с регулятором напряжения. Она может быть также построена по внешним характеристикам.

Все современные автомобильные генераторы обладают свойством самоограничения максимальной силы тока. В значительном диапазоне частот вращения ротора сила тока возрастает медленно, а при максимальной частоте вращения ротора не превышает заданного максимального значения. С увеличением частоты вращения ротора генератора, а следовательно, с увеличением частоты индуцируемого в обмотке статора тока увеличивается индуктивное сопротивление обмотки, поэтому сила тока увеличивается медленнее, асимптотически стремясь к некоторому предельному значению.

Параметрами вентильного генератора являются также номинальная мощность и сила вырабатываемого тока при частоте вращения ротора 6000 мин⁻¹. Номинальная мощность автомобильного генератора равна произведению номинальной силы тока на номинальное напряжение.

Вентильный генератор проектируется таким образом, чтобы температура его обмоток, подшипников и полупроводниковых элементов при нагреве и номинальной силе тока (номинальной мощности) не была опасна. Узлы генератора нагреваются больше при силе тока, составляющей примерно 2/3 номинального значения. Это объясняется тем, что с увеличением частоты вращения ротора одновременно возрастает интенсивность охлаждения генератора вентилятором, расположенным на его валу.

Самоограничение силы тока проявляется в меньшей степени при увеличении значения n_{p0} . С уменьшением n_{p0} , n_{pp} и увеличением $I_{d\max}$ улучшаются условия обеспечения положительного зарядного баланса на автомобиле и тракторе, однако при этом увеличиваются масса и габаритные размеры генератора.

Благодаря самоограничению силы тока в системах электроснабжения с вентильными генераторами нет необходимости применять ограничители силы тока.

3.5. КОНСТРУКЦИЯ ВЕНТИЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

3.5.1. Генераторы щеточной конструкции с клювообразным ротором

В основном все автомобильные генераторы имеют щеточную конструкцию. На конструкцию генератора оказывает влияние наличие или отсутствие у него встроенного регулятора напряжения. В остальных у генераторов много общего — клювообразная магнитная система ротора с 12 полюсами, сосредоточенная обмотка возбуждения, статор с 18 пазами (на устаревших конструкциях) и 36 пазами (на современных конструкциях), медные кольца, подшипники закрытой конструкции, не требующие смазывания в течение всего срока службы, и т.д.

На рис. 3.19 представлен генератор 37.3701 с электромагнитным возбуждением, полным выпрямлением мощности, дополнительным выпрямителем для электроснабжения обмотки возбуждения и встроенным интегральным регулятором 12 напряжения.

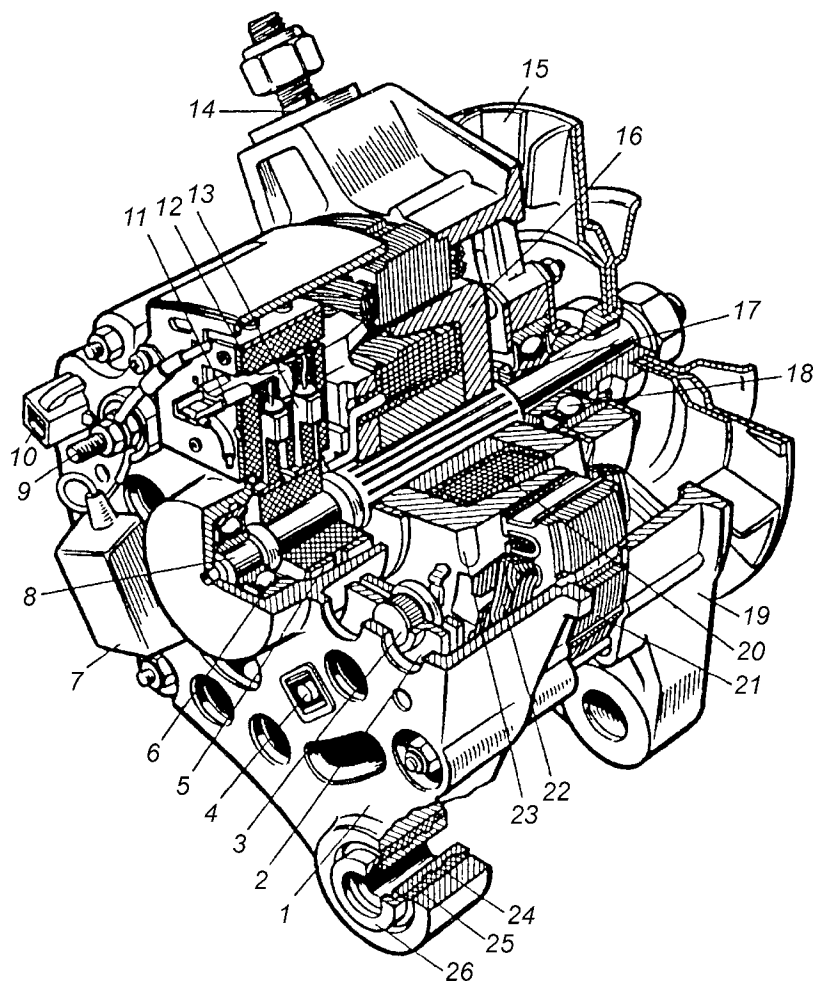


Рис. 3.19. Генератор 37.3701:

1 — крышка со стороны контактных колец; 2 — выпрямительный блок; 3 — диод выпрямительного блока; 4 — болт крепления выпрямительного блока; 5 — контактное кольцо; 6 — задний шарикоподшипник; 7 — конденсатор; 8 — вал ротора; 9 — вывод "30" генератора; 10 — вывод "61" генератора; 11 — вывод "В" регулятора напряжения; 12 — регулятор напряжения; 13 — щетка; 14 — шпилька крепления генератора к натяжной планке; 15 — шкив с вентилятором; 16, 23 — полюсные наконечники ротора; 17 — дистанционная втулка; 18 — передний шарикоподшипник; 19 — крышка со стороны привода; 20 — обмотка возбуждения; 21 — статор; 22 — обмотка статора; 24 — буферная втулка; 25 — втулка; 26 — подвижная втулка

Генератор состоит из статора (якоря), индуктора (ротора), крышки 1 со стороны контактных колец 5, выпрямительного блока 2, щеткодержателя с интегральным регулятором 12 напряжения, крышки 19 со стороны привода, шкива с вентилятором.

Пакет (магнитопровода) статора набран из стальных листов толщиной 1 мм для уменьшения нагрева от вихревых токов. Листы сварены между собой по наружной поверхности в четырех местах в монолитную конструкцию. На внутренней поверхности пакета статора равномерно по окружности расположено 36 пазов трапецеидальной формы. Пазы заполнены обмоткой 22 статора. Катушки обмотки изолированы от стенок паза полиэтилентерефталатной пленкой или пленкоэлектрокартоном.

Каждая фаза трехфазной обмотки статора состоит из трех непрерывно намотанных катушек. Витки катушки охватывают три зубца. Фазы соединены в двойную звезду с выведенной нулевой точкой, т.е. фаза имеет две параллельные ветви. Каждая звезда расположена на половине расточки статора. Катушки выполнены из теплостойкого обмоточного провода ПЭТ–200. В пазах катушки закреплены шнуром, забитым по особой схеме (в основном через два паза в третий). Статор в сборе пропитан электроизоляционным лаком.

Индуктор включает магнитную систему и обмотку 20 возбуждения. Два клювообразных полюсных наконечника 16 и 23, посаженные на вал 8, образуют 12-полюсную магнитную систему.

Полюсные наконечники изготовляют методом холодной штамповки из полосовой стали толщиной 12 мм с последующей обработкой по наружному диаметру. Для снижения уровня магнитного шума часть наружной поверхности ротора имеет скосы на сбегавшем крае.

Обмотка 20 возбуждения намотана на каркас и надета на втулку, расположенную между полюсными половинами. Сверху катушку обмотки возбуждения оклеивают специальной бумагой, которая образует внешнюю изоляцию. Выводы обмотки возбуждения припаяны к двум изолированным друг от друга и от вала медным контактными кольцам 5. Для снижения уровня вибрации генератора осуществляют статическую и динамическую балансировку ротора.

Пакет якоря закреплен в генераторе между двумя крышками 1 и 19, выполненными из алюминиевого сплава и стянутыми болтами. В крышке 19 со стороны привода (в передней крышке)

между двумя стальными фланцами зажата наружная обойма шарикоподшипника 18. На наружном фланце над втулкой шкива имеется выступ, благодаря которому образуется своеобразный лабиринт, препятствующий попаданию пыли и грязи в подшипник.

В крышках установлены закрытые шарикоподшипники 6 и 18 с двухсторонним резиновым уплотнением и одноразовым смазочным материалом. Крышки имеют вентиляционные отверстия. В передней крышке 19 есть два резьбовых отверстия для съема крышки с вала, ушко для крепления генератора на двигателе и стальная шпилька 14. Шпилька предназначена для закрепления планки натяжения приводного ремня. Посадка подшипника в крышке и на валу скользящая. В осевом направлении внутренняя и наружная обоймы подшипника строго зафиксированы.

Генератор также крепится к двигателю посредством ушка на крышке со стороны контактных колец (на задней крышке). Посадка заднего подшипника 6 на вал 8 плотная, а в гнездо крышки — скользящая. Посадочное место в крышке не армировано, но имеет канавку, в которой размещено резиновое кольцо, препятствующее проворачиванию наружной обоймы подшипника, перегреву подшипника, выработке гнезда и выходу подшипникового узла из строя. Подшипник вместе с валом в гнезде крышки может перемещаться в осевом направлении.

Со стороны контактных колец 5 на крышке 1 установлены интегральный регулятор 12 напряжения, объединенный в одну конструкцию с щеткодержателем, выпрямительный блок 2 с теплоотводами, помехоподавительный конденсатор 7 и все выводы генератора.

Генератор имеет три вывода:

"30" — силовой положительный вывод 9 генератора в виде винта, закрепленного на положительном теплоотводе выпрямителя;

"61" — вывод 10 дополнительного выпрямителя обмотки возбуждения;

вывод "В" регулятора напряжения. Последние два вывода выполнены в виде штекеров. Для снижения уровня радиопомех, изучаемых генератором, на крышке со стороны контактных колец закреплен конденсатор 7, подключенный к выводу "30".

Выпрямительный блок 2 крепится к крышке 1 тремя изолированными от нее болтами. К этим же болтам подключены выводы трех обмоток фаз генератора. Блок содержит силовой и дополни-

тельный выпрямители, диоды которого размещены в пластмассовой подковке.

Щеткодержатель состоит из пластмассового корпуса, в котором находятся две прямоугольные щетки. Интегральный регулятор 12 напряжения является одновременно крышкой щеткодержателя.

Для охлаждения обмотки статора и катушки возбуждения, а также кремниевых диодов выпрямителя в генераторе предусмотрена протяжная вентиляция, осуществляемая при помощи вентилятора, связанного с приводным шкивом 15 генератора. Шкив 15 закрепляется на валу 8 с помощью шпонки и гайки. Детали вентилятора, штампованные из стального листа, сварены между собой и с втулкой шкива.

Другие типы вентильных щеточных генераторов с клювообразным ротором имеют конструкцию, аналогичную рассмотренной, отличаясь, в основном, размерами и конфигурацией отдельных деталей (рис. 3.20). Некоторое исключение составляют генераторы Г502А и 63.3701.

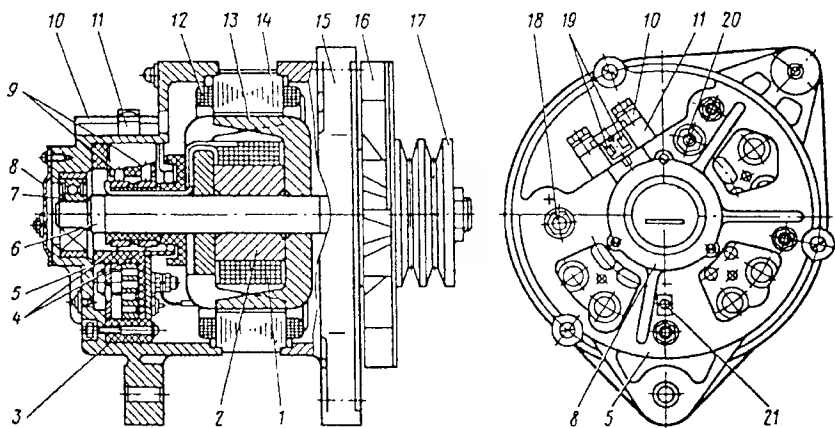


Рис. 3.20. Генератор Г288Е:

1 — обмотка возбуждения; 2 — втулка ротора; 3 — выпрямительный блок БПВ 7-100; 4 — контактные кольца; 5 — крышка со стороны контактных колец; 6 — вал ротора; 7 — подшипник; 8 — крышка подшипника; 9 — щетки с пружинами; 10 — крышка щеткодержателя; 11 — щеткодержатель; 12 — обмотка статора; 13 — полюсный наконечник; 14 — пакет железа статора; 15 — крышка со стороны привода; 16 — вентилятор; 17 — шкив; 18 — винт плюсового вывода; 19 — штекерный разъем "Ш"; 20 — вывод фазы; 21 — винт "массы"

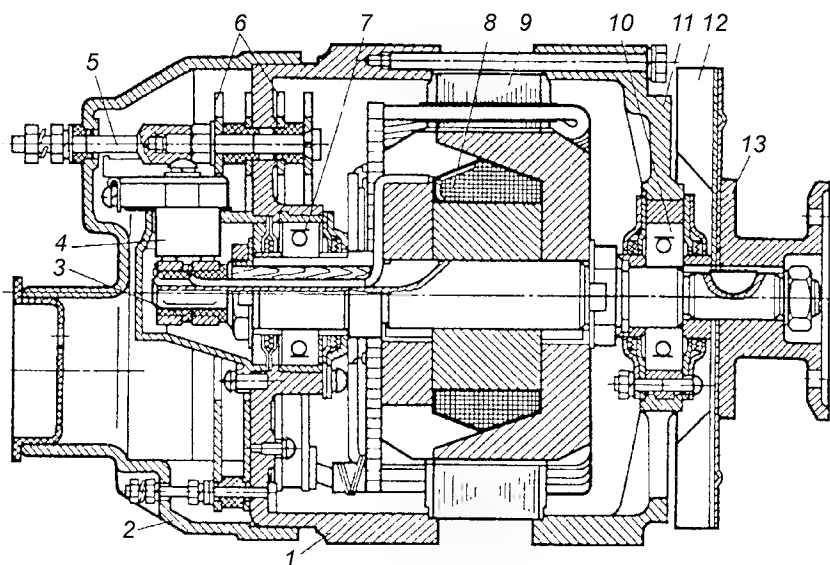


Рис. 3.21. Генератор 63.3701:

1, 11 — крышка; 2 — кожух; 3 — контактные кольца; 4 — щеткодержатель; 5 — болт вывода "+"; 6 — выпрямительные блоки; 7, 10 — подшипники; 8 — ротор; 9 — статор; 12 — вентилятор; 13 — муфта привода

Генератор 63.3701 для автомобилей большой грузоподъемности (рис. 3.21) повышенной выходной мощности крепится на подушке двигателя хомутом. Его привод осуществляется через муфту 13. Повышенная выходная мощность потребовала применения двух выпрямителей блоков 6 БПВ-100, включенных параллельно. Один из них расположен во внутренней полости генератора, а другой вместе с щеточным узлом — снаружи. Такое расположение колец и щеток обладает существенным преимуществом, так как позволяет сократить длину задней крышки генератора, уменьшить наружный диаметр контактных колец и обеспечить надежную защиту щеточно-контактного узла от загрязнения.

Кожух 2 обеспечивает возможность подвода чистого воздуха для охлаждения генератора через патрубок. Вывод "+" генератора выполнен в виде специального контактного болта 5. Генератор имеет 72 паза и стержневую обмотку на статоре.

Генератор Г502А (рис. 3.22) встраивается внутрь вентиляционного устройства двигателя автомобиля. На его валу 8 установлен ротор

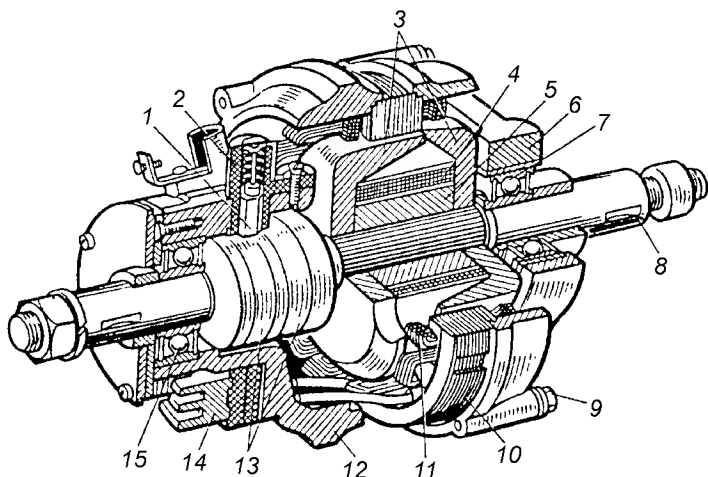


Рис. 3.22. Генератор Г502А:

1 щетки; 2 щеткодержатель; 3 клювообразные полюсные половины ротора; 4 обмотка возбуждения; 5 втулка; 6, 12 крышки; 7, 15 подшипники; 8 вал; 9 стяжной болт; 10 сердечник статора; 11 обмотка статора; 13 контактные кольца; 14 выпрямительный блок

вентилятора двигателя. Вал имеет два вылета — один для закрепления ротора вентилятора, другой для приводного шкива. Генератор крепится в вентиляционном устройстве на заднюю крышку. Поскольку генератор находится в потоке воздуха, охлаждающего двигатель, вентилятор отсутствует.

Контактные кольца 13 и щеточный узел генератора Г502А, а также выпрямительный блок 14 ВБГ–2А генератора расположены вне его внутренней полости.

3.5.2. Бесконтактный генератор с укороченными полюсами

По конструктивному исполнению к щеточным генераторам близок бесконтактный генератор с укороченными полюсами (рис. 3.23). Генератор имеет магнитную систему с укороченными клювами полюсных половин 4. Обмотка возбуждения 3, расположенная между двумя полюсными половинами индуктора, помещена в алюминиевый каркас 2, закрепленный на статоре. Полюсные половины 4 и втулка 1 напрессованы на рифленый вал. Клювы полюсных половин ротора укорочены по оси генератора так, что ме-

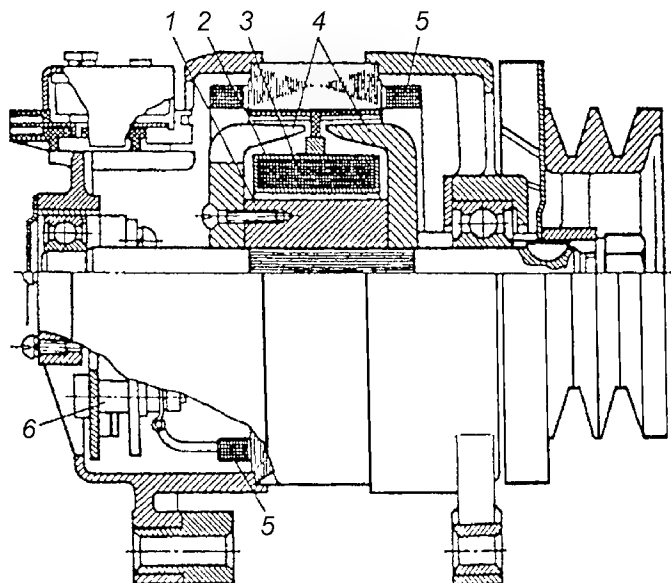


Рис. 3.23. Бесконтактный генератор с укороченными полюсами:

1 — втулка индуктора; 2 — алюминиевый каркас; 3 — обмотка возбуждения; 4 — клювообразные полюсные половины; 5 — обмотка статора; 6 — выпрямитель

жду ними проходят элементы каркаса обмотки возбуждения. Одна полюсная половина крепится к втулке 1 винтами. Магнитный поток клювов полюсных половин не меняет своего направления, что характерно для индукторных генераторов. Трехфазная обмотка 5 статора, соединенная звездой, размещена в равномерно распределенных по окружности 18 пазах.

3.5.3. Генераторы компактной конструкции

Генератор 94.3701 (рис. 3.24) компактной конструкции (компакт-генератор) — вентильный, трехфазный, со встроенным выпрямительным блоком 1 и электронным регулятором 7 напряжения, имеет два вентилятора, расположенных на роторе во внутренней полости генератора. Вентиляторы закреплены на лобовых частях полюсных половин ротора 16. Малые наружные диаметры вентиляторов позволяют увеличить частоту вращения ротора за счет увели-

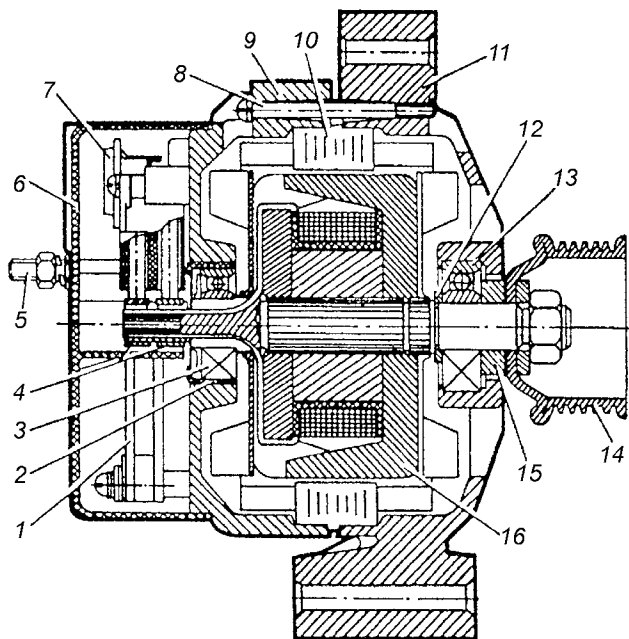


Рис. 3.24. Генератор 94.3701 компактной конструкции:

1 — выпрямительный блок; 2 — втулка подшипника; 3, 13 — задний и передний подшипники вала ротора; 4 — контактные кольца; 5 — вывод "В+" генератора; 6 — кожух; 7 — регулятор напряжения со щеткодержателем; 8 — стяжной винт; 9, 11 — задняя и передняя крышки; 10 — статор; 12 — дистанционное кольцо; 14 — шкив; 15 — шайба; 16 — ротор

чения передаточного числа привода с поликлиновидным ремнем. Передаточное число привода повышено за счет уменьшения диаметра шкива 14.

Воздух для охлаждения генератора протягивается через отверстия ажурных крышек 9 и 11 и лопатками вентилятора и подается на обмотки статора 10. Наружу воздух выходит через отверстия в цилиндрических поверхностях обеих крышек.

Статор 10 и крышки 9 и 11 стянуты четырьмя винтами. Вал ротора 16 вращается в подшипниках 3 и 13, установленных в крышках 9 и 11. Ток к обмотке возбуждения подводится через щетки и контактные кольца 4. Для снижения окружной скорости в точке касания кольца с щеткой у генераторов компактной конструкции контактные кольца имеют меньший диаметр. Контактные кольца могут иметь диаметр,

равный диаметру вала. Причем их располагают на консольной части вала.

Контактные кольца 4, электронный регулятор 7 напряжения со щеткодержателем закрыты пластмассовым кожухом 6, защищающим их от грязи, пыли, влаги. Наружные обоймы подшипников прижаты тормозными кольцами, которые повышают ресурс подшипников. Генератор имеет три дополнительных диода, включенных в цепь обмотки возбуждения, и выпрямитель на силовых диодах со стабилизаторным эффектом, что улучшает качество электроэнергии в бортовой сети и обеспечивает защиту электронных элементов регулятора напряжения от перенапряжений.

3.6. КОНСТРУКЦИЯ ВЕНТИЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ИНДУКТОРНОГО ТИПА

3.6.1. Автомобильный индукторный генератор

Ротор бесконтактного индукторного генератора 955.3701 (рис. 3.25) выполнен в виде шестилучевой стальной звездочки 8. В межлучевых промежутках звездочки ротора закреплены постоянные магниты, объединенные в единый узел 7 заливкой в алюминиевый каркас. Каркас закреплен на валу 2 ротора и опрессован пластмассой. В передней стальной крышке 10 располагается индуктор со втулкой 12, закрепленной фланцем на крышке. На втулке индуктора размещена обмотка 11 возбуждения, намотанная на каркас. Между втулкой 12 индуктора и втулкой 13 ротора есть воздушный зазор. На зубцах магнитопровода 6 статора размещена катушечная обмотка 5.

Подшипниковый щит 18 "с натяжным уходом" и лапой, расположение которых позволяет применять генератор на нескольких моделях автомобилей ВАЗ, надет на переднюю стальную крышку 10.

Во внутренней полости задней крышки 19 из алюминиевого сплава установлены выпрямительный блок БПВ 62—100 и регулятор 21 напряжения Я112Б с подстроечным резистором. Выпрямитель 4 закреплен на крышке пятью изолированными болтами. Регулятор напряжения прикреплен к наружной поверхности задней крышки и закрыт пластмассовым кожухом 1. Там же под кожухом расположен помехоподавляющий конденсатор К-73—21. Генератор, кроме основной обмотки возбуждения, имеет встречно включенную размагничивающую обмотку, расширяющую скоростной диапазон работы генератора.

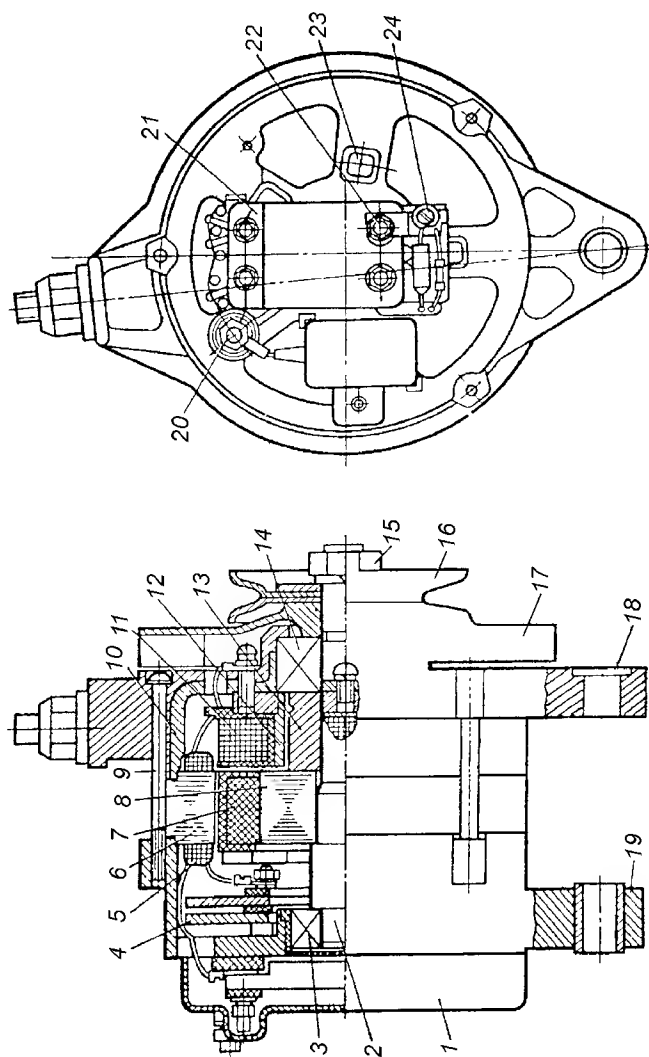


Рис. 3.25. Бесконтактный индукторный генератор 955.3701:

1 — кожух; 2 — вал ротора; 3, 14 — шарикоподшипники; 4 — выпрямитель; 5 — обмотка статора; 6 — магнитопровод статора; 7 — узел постоянных магнитов; 8 — звездочка ротора; 9 — стяжные винты; 10 — передняя крышка; 11 — обмотка возбуждения; 12 — втулка индуктора; 13 — втулка ротора; 15 — гайка крепления шкива; 16 — шкив; 17 — вентилятор; 18 — подшипниковый щит; 19 — задняя крышка; 20 — вывод «+» («30»); 21 — регулятор напряжения; 22 — гайки крепления регулятора на прива; 23 — болт крепления выпрямителя; 24 — переключатель посезонной регулировки регулятора напряжения

3.6.2. Тракторные индукторные генераторы

Тракторный индукторный генератор 46.3701 (рис. 3.26) представляет собой вентильную бесконтактную трехфазную электрическую машину с односторонним электромагнитным возбуждением с подмагничиванием от постоянных магнитов и встроенными силовым и дополнительным выпрямителями. Силовой выпрямитель собран по трехфазной двухполупериодной схеме. Через дополнительный выпрямитель обеспечивается электроснабжение обмотки возбуждения катушки 13.

Ротор 10 состоит из вала 3 с пакетом железа и фланца, удерживающего постоянный магнит. Пакет железа ротора, имеющий форму шестилучевой звездочки, набран из листов электротехнической стали толщиной 1 мм. Предварительно намагниченный фланец с постоянными магнитами напрессовывают на вал и зачеканивают. Ротор вращается в подшипниках 4 и 21, не требующих добавления или замены смазочного материала в течение всего срока службы генератора. Подшипники размещены в передней 23 и задней 1 крышках.

Передняя крышка 23 имеет форму стакана с отверстием для подшипника. В крышке размещен индуктор, включающий фланцевую втулку 15 и катушку 13 обмотки возбуждения. Обмотка возбуждения намотана на пластмассовый каркас, надетый на втулку индуктора. Один конец обмотки возбуждения гибким монтажным проводом выведен на вывод "Ш" интегрального регулятора 6 напряжения, а другой — на вывод "Д" генератора. Фланец втулки фиксируется в передней крышке и крепится в ней тремя винтами 24. Крышка 23 и втулка с фланцем выполнены из магнитомягкой стали, так как они являются частью магнитной системы генератора. Крышка одновременно является подшипниковым щитом.

К торцевой части передней крышки 23 приварен выступающий фланец с двумя лапами, одна из которых служит для регулирования натяжения ремня, а другая — для крепления генератора на двигателе. Расположенный в передней крышке подшипник 21 по наружной обойме жестко зажат фланцевой втулкой 15 и крышкой 17 подшипника, а по внутренней обойме — втулкой 14 ротора и ступицей вентилятора 22.

Задняя крышка 1, отлитая из алюминиевого сплава, также имеет лапу для крепления генератора к двигателю. На торцевой части крышки предусмотрены отверстия для прохода охлаждающего воздуха. С внутренней стороны на крышке закреплен выпрямительный блок 8. Вывод "+" дополнительного выпрямителя блока БПВ 23—50N

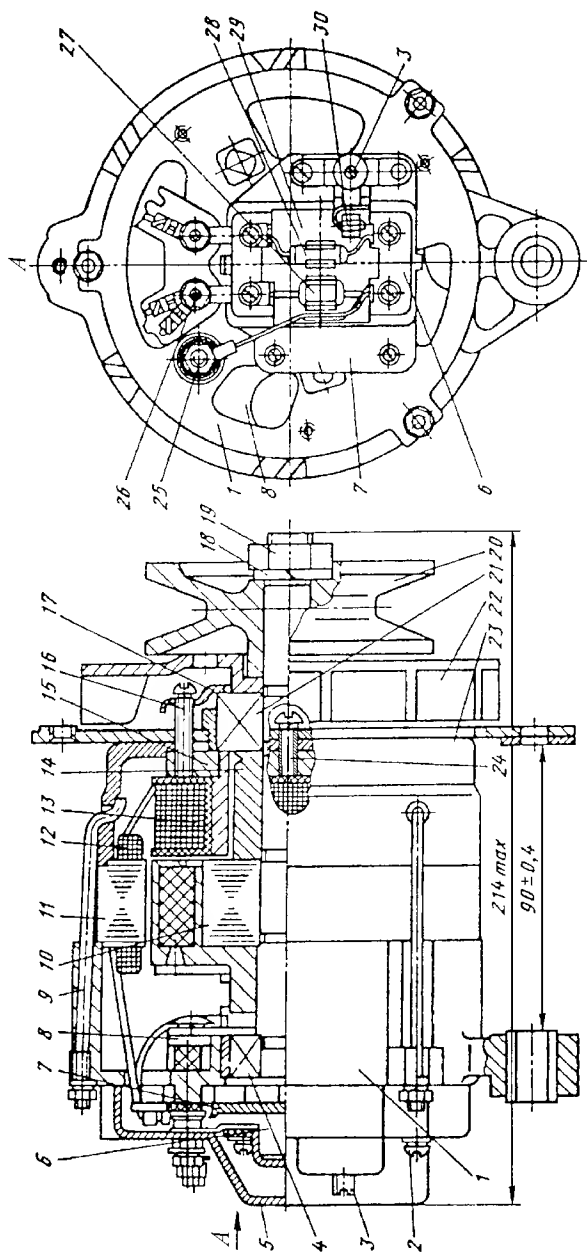


Рис. 3.26. Тракторный индукторный генератор 46.3701:

1 — задняя крышка; 2 — винт крепления пластмассового кожуха; 3 — переключатель посезонной регулировки; 4 — задний подшипник; 5 — пластмассовый кожух; 6 — интегральный регулятор напряжения; 7 — алюминиевый регулятор напряжения; 8 — полупроводниковый выпрямительный блок; 9 — стяжная шпилька; 10 — ротор; 11 — пакет (сердечник) статора; 12 — обмотка статора; 13 — катушка обмотки возбуждения; 14 — втулка ротора; 15 — фланцевая втулка; 16 — винт крепления крышки подшипника; 17 — крышка; 18 — разрезная шайба; 19 — гайка; 20 — шкив; 21 — передний подшипник; 22 — вентилятор; 23 — передняя крышка; 24 — винт крепления фланцевой втулки к передней крышке; 25 — вывод "+"; 26 — вывод "Д"; 27, 30 — резисторы; 28 — конденсатор; 29 — пластмассовая колодка

гибким проводом соединен с выводом "Д" регулятора напряжения и выводом "Д" генератора.

Статор генератора состоит из пакета 11 пластин электротехнической стали и трехфазной обмотки. Фазы обмотки статора соединены в треугольник. Обмотка каждой фазы имеет три последовательно соединенных катушки. Пластины пакета с девятью полуоткрытыми трапециевидными пазами соединены между собой заклепками. Катушки в пазах закреплены клиньями и изолированы от пакета пазовой изоляцией из электротехнического картона. Интегральный регулятор 6 напряжения (Я112В), переключатель 3 посезонной регулировки с резисторами 30 и 27 для подпитки обмотки возбуждения от аккумуляторной батареи и конденсатор 28 объединены в интегральное регулирующее устройство, закрепленное с внешней торцевой стороны задней крышки на алюминиевом радиаторе-теплоотводе. Кожух 5 интегрального регулирующего устройства имеет множество отверстий для прохождения охлаждающего воздуха. Посезонная регулировка осуществляется замыканием накоротко резистора 30 переключателем 3.

Протяжную вентиляцию генератора обеспечивает вентилятор 22 с нечетным числом лопастей, расположенных с наклоном по отношению к направлению вращения.

Тракторный индукторный генератор 11.3701 (рис. 3.27) мощностью 2 кВт и номинальным напряжением 28 В состоит из ротора, статора, индуктора, задней и передней крышек 10 и 1, выпрямительного блока с корпусом 12 и вентилятора с крыльчаткой 11. Генератор представляет собой бесконтактную пятифазную одноименно-полюсную закрытую электрическую машину с вентиляцией, охлаждающей только выпрямитель и заднюю крышку.

Шихтованный пакет 7 якоря имеет пятнадцать открытых пазов, в которые уложены катушки статорной обмотки, каждая фаза которой состоит из трех последовательно включенных катушек. Фазы обмотки соединены в пятиугольник. Ток от мест соединения фаз отводится гибкими монтажными проводами с наконечниками.

Вместе с валом 2 ротора вращается девятилучевая звездочка, набранная из пластин электротехнической стали, и втулка 23 из магнитомягкого материала. Число q пазов на полюс и фазу в генераторе 1/6.

Передняя крышка 1 (со стороны привода) выполнена из алюминиевого сплава. Посадочное место под подшипник 4 в крышке армировано стальной втулкой. Подшипник может перемещаться в осевом направлении, так как втулка 3 устанавливается только на время транспортирования генератора.

ложенный на фланцевой втулке 24. Начало и конец обмотки возбуждения монтажными проводами соединены с выводами "Ш1" и "Ш2". Установленный в задней крышке закрытый подшипник 18 в осевом направлении зафиксирован по наружной обойме втулкой 24 и крышкой 17 подшипника, а по внутренней обойме втулкой 23 и распорной шайбой 19.

Между крышкой 10 и корпусом выпрямителя установлен вентилятор с крыльчаткой 11 для охлаждения выпрямителя и обмотки возбуждения. Теплый воздух от обмотки возбуждения отводится через корпус 12 выпрямителя. Крышки 1 и 10 вентиляционных отверстий не имеют.

Оребренный корпус 12 и теплоотвод 13 выпрямительного блока, выполненные из алюминиевого сплава, содержат по пять запрессованных в них диодов соответственно обратной и прямой полярности.

Жесткость конструкции генератора обеспечивается шпильками 22, которые стягивают между собой переднюю 1 и заднюю 10 крышки, узел статора и корпус 12 выпрямителя.

Муфта привода генератора насаживается на консольную часть вала 2. Втулка 3 предохраняет посадочное место муфты от повреждений при транспортировании генератора.

Внутренняя и внешняя цилиндрические посадочные поверхности передней крышки 1 служат для фланцевого крепления генератора на двигателе. Крепление осуществляется тремя болтами, проходящими через отверстия в крышке.

3.7. ПРИВОД ГЕНЕРАТОРА. ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ

В основном все генераторы приводятся во вращение клиновидными зубчатыми или поликлиновидными ремнями. Роторы генераторов Г263А и 63.3701 автомобилей БелАЗ приводятся во вращение через резиновые демпфирующие муфты. Важным параметром, влияющим на работу генератора, является передаточное число привода между валами двигателя и генератора. Для электроснабжения потребителей передаточное число должно быть как можно большим. Однако с ростом передаточного числа снижается срок службы ремней, поэтому реальные передаточные числа являются результатом компромисса между этими двумя требованиями, т.е. 1,35—2,41.

В соответствии с их размерами генераторы разделены на пять групп. Генераторы первой — четвертой групп крепятся к двигателю на лапах. Генераторы пятой группы крепятся на подушке хомутом.

3.8. ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ БЛОКИ

В современных генераторах устанавливают выпрямители в виде блоков, соединенных с обмоткой статора генератора. Общим для всех выпрямительных блоков является то, что они собраны по мостовой схеме. На отечественных генераторах применяют блоки двух типов — БПВ и ВБГ. Блоки ВБГ можно встретить только на генераторах устаревших конструкций.

Блоки БПВ представляют собой две алюминиевые пластины — теплоотводы, соединенные между собой в монолитную конструкцию через изоляционные втулки заклепками. Один теплоотвод соединен с массой генератора, другой изолирован от нее и соединен с выводом генератора. Выпрямительный блок БПВ 11-60 дан на рис. 3.28. Общим для всех блоков БПВ является то, что силовыми выпрямительными элементами в них являются диоды прямой и обратной полярностей, корпуса которых выполнены под запрессовку в теплоотводы. Конструкции таких диодов одинаковы, но они не взаимозаменяемы, так как у диода прямой полярности (Д104-20) на корпусе расположен катод, а у диода обратной полярности (Д104-20Х) — анод.

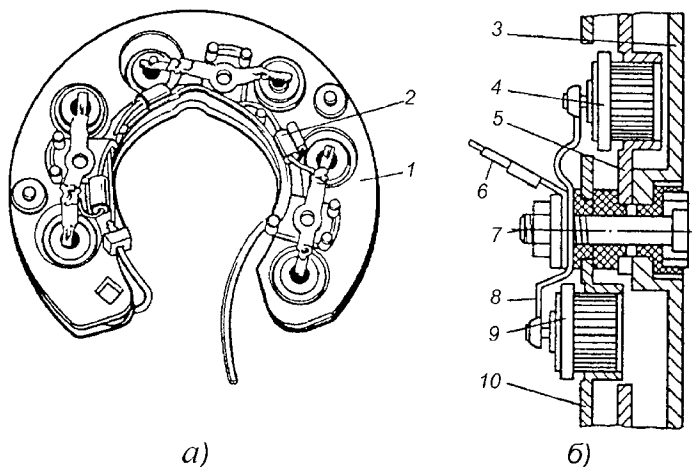


Рис. 3.28. Выпрямительный блок БПВ 11-60:

а — внешний вид; *б* — устройство; 1 — силовой выпрямитель; 2 — дополнительный выпрямитель цепи обмотки возбуждения; 3 — крышка генератора; 4 — диоды обратной полярности Д104-20Х; 5, 10 — теплоотводы, не изолированный и изолированный от массы, соответственно; 6 — вывод обмотки статора генератора; 7 — болт крепления выпрямительного блока; 8 — монтажная шина; 9 — диод прямой полярности Д104-20

Максимально допустимая сила прямого тока через диод равна 20 А. Падение напряжения на диоде, включенном в прямом направлении при силе тока 20 А, не должно превышать 1,4 В. Максимальное обратное напряжение — 150 В, сила обратного тока при максимальном обратном напряжении должна быть не более 5 мА.

В генераторах большой мощности применяют блоки с 12 диодами, соединенными попарно-параллельно. Блок БПВ 63-100Т2 пятифазного генератора 955.3701 содержит десять силовых и пять маломощных диодов.

Дополнительные выпрямители обмоток возбуждения в блоках БПВ 11-60 и БПВ 62-100Т2 выполняются на диодах КД223А, имеющих пластмассовый цилиндрический корпус диаметром 6,2 мм и длиной 9,65 мм и проволочные выводы диаметром 1,2 мм. Диоды размещены в пластмассовой подковке, обрамляющей конструкцию блоков. Некоторые типы блоков дополнительного выпрямителя не имеют.

Сила тока, протекающего через отдельный диод в мостовой трехфазной схеме, равна силе тока выпрямителя, деленной на число фаз. Поэтому в блоках БПВ 8-100, БПВ 62-100Т2 генераторов, сила тока которых превышает 60 А, приходится применять 12 диодов, соединенных попарно-параллельно. Исключение составляет блок БПВ 34-65 генератора 16.3701, в котором, для того чтобы обеспечить повышенную силу тока 65 А, устанавливают диоды, рассчитанные на большую допустимую силу тока.

В генераторах с блоками БПВ чрезвычайно опасным является короткое замыкание изолированного от массы теплоотвода блока на крышку случайно попавшими внутрь генератора металлическими предметами. Такое замыкание создает опасность для всей системы электрооборудования автомобиля, так как аккумуляторная батарея оказывается замкнутой накоротко внутри генератора.

3.9. РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Напряжение U_d на выходе вентильного генератора регулируется изменением силы тока возбуждения. Обмотка возбуждения получает питание через регулятор напряжения от двухполупериодного силового выпрямителя или подключается к дополнительному выпрямителю.

Регулятор напряжения 1 (рис. 3.29) генератора 4 содержит элементы: сравнения 2, регулирующий 3 и измерительный 5. Измерительный элемент 5 преобразует напряжение генератора в сигнал $U_{изм}$, который в элементе 2 сравнивается с заданным значением. При наличии разности указанных напряжений на вход регулирующего элемента 3 посту-

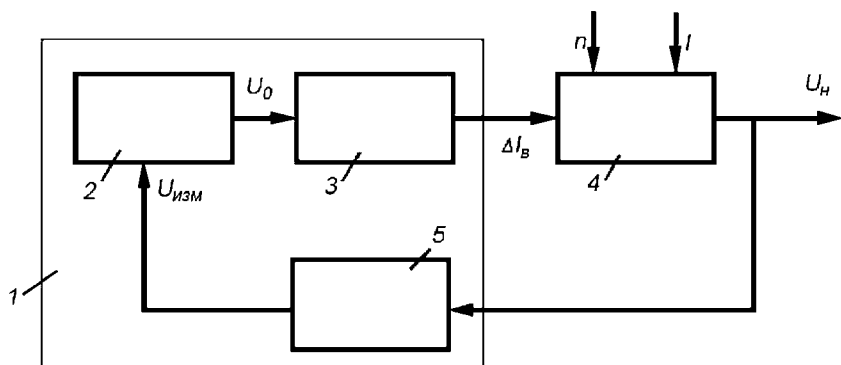


Рис. 3.29. Схема регулирования напряжения генератора

пает сигнал U_0 , который изменяет силу тока возбуждения на величину ΔI_B до тех пор, пока напряжение генератора не будет равно заданному.

На автомобилях применяют регуляторы напряжения дискретного действия. Как только напряжение генератора превышает заданный уровень, регулятор напряжения разрывает цепь электроснабжения обмотки возбуждения и вводит в эту цепь дополнительный резистор. В результате сила тока возбуждения и напряжение генератора начинают уменьшаться (рис. 3.30). При определенном нижнем уровне напряжения регулятор вновь замыкает цепь питания обмотки возбужде-

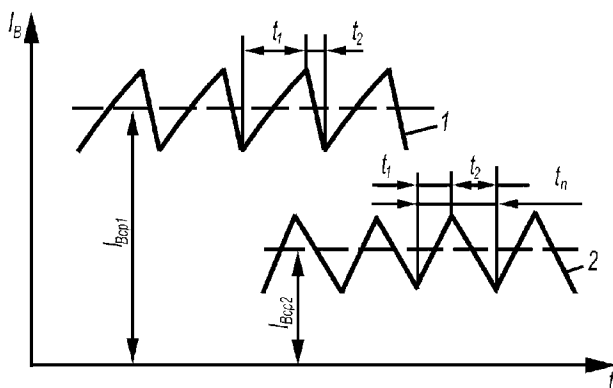


Рис. 3.30. Кривые изменения силы тока возбуждения I_B генератора во времени t при различных частотах вращения ротора:

1, 2 – соответственно при большей n_{p1} и меньшей n_{p2} частоте вращения ротора

ния, и напряжение генератора повышается. Далее процессы переключения периодически повторяются.

Частота регулируемого напряжения должна быть выше 25–30 Гц, чтобы пульсации напряжения не вызывали заметных для глаз колебаний стрелок контрольно-измерительных приборов и мигания света ламп приборов освещения и световой сигнализации. При заметном пульсировании силы тока $I_{\text{в}}$ возбуждения и напряжения $U_{\text{н}}$ генератора их средние значения $I_{\text{вср}}$ и $U_{\text{ср}}$ для заданных значений частот вращения ротора и силы тока нагрузки остаются постоянными.

С увеличением частоты вращения ротора генератора ($n_{\text{р2}} > n_{\text{р1}}$) относительное время t_1 включения цепи питания обмотки возбуждения в течение периода $t_{\text{п}}$ уменьшается, а время t_2 отключения обмотки возбуждения от источника электроэнергии — увеличивается, поэтому среднее значение силы тока $I_{\text{вср}}$ возбуждения, при котором стабилизируется напряжение, будет меньше ($I_{\text{вср2}} < I_{\text{вср1}}$). С увеличением силы тока нагрузки генератора относительное время разомкнутого состояния цепи электроснабжения обмотки возбуждения уменьшается. Включение и отключение обмоток возбуждения в электронных регуляторах обычно осуществляется выходным транзистором, соединенным последовательно с обмоткой возбуждения.

3.10. ВИБРАЦИОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ

Схема вибрационного регулятора РР380 автомобилей приведена на рис. 3.31. В вибрационном регуляторе напряжения эталонной величиной является сила натяжения пружины, отжимающей якорь реле от его сердечника. Измерительный элемент регулятора — обмотка KV на сердечнике магнитопровода, которая воспринимает напряжение генератора.

У регулятора РР380 имеются две пары контактов (размыкающие $KV:1$ и замыкающие $KV:2$), с помощью которых осуществляется двухступенчатое регулирование.

При замыкании контактов выключателя зажигания обмотка возбуждения через размыкающие контакты $KV:1$ регулятора снабжается электроэнергией от аккумуляторной батареи, в результате чего обеспечивается возбуждение генератора.

После пуска двигателя частота вращения вала генератора увеличивается, напряжение возрастает. Соответственно возрастает сила тока в обмотке регулятора напряжения, магнитный поток в магнитопроводе и сила, с которой якорь электромагнита притягивается к сердечнику.

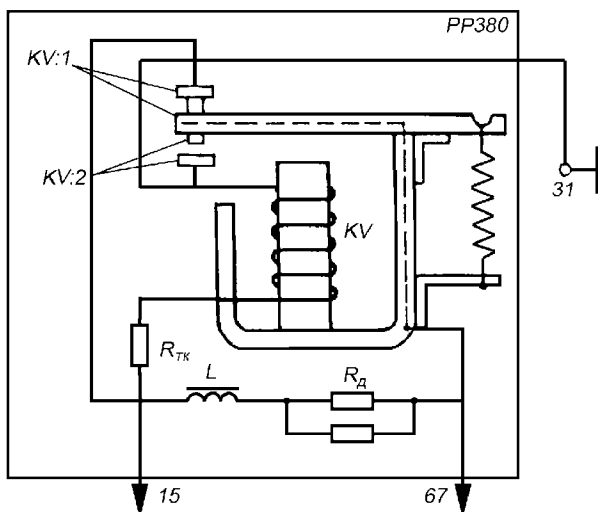


Рис. 3.31. Схема вибрационного регулятора напряжения PP380

Контакты $KV:1$ размыкаются, когда сила притяжения якоря к сердечнику превысит препятствующую этому силу натяжения пружины. При размыкании контактов $KV:1$ в цепь обмотки возбуждения включается добавочный резистор $R_Д$, сила тока возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. Когда напряжение становится ниже регулируемого, пружина возвращает якорь в исходное положение, контакты $KV:1$ вновь замыкаются и шунтируют резистор $R_Д$, сила тока в обмотке возбуждения возрастает, напряжение повышается. Далее процесс повторяется.

Начиная с определенной частоты вращения ротора, напряжение на выводах генератора возрастает настолько, что под действием силы притяжения якоря к сердечнику замыкаются контакты $KV:2$. Обмотка возбуждения замыкается на массу. Сила тока возбуждения и напряжение уменьшаются, пружина размыкает контакты $KV:2$, и обмотка возбуждения вновь оказывается включенной в цепь питания, что приводит к повышению напряжения генератора.

Резистор $R_{ТК}$, включенный последовательно в цепь обмотки электромагнита регулятора, осуществляет его температурную компенсацию, т.е. снижает зависимость регулируемого напряжения от температуры. Резистор $R_{ТК}$ изготовлен из провода, сопротивление которого мало изменяется с изменением температуры.

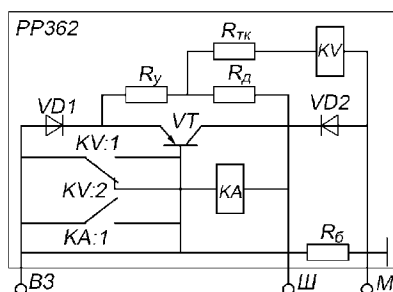
3.11. КОНТАКТНО-ТРАНЗИСТОРНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ

Основное преимущество контактно-транзисторных регуляторов перед вибрационными — больший срок службы контактных пар. В контактно-транзисторных регуляторах ток возбуждения проходит через силовой транзистор. Функция контактной пары электромагнитного реле сводится к коммутированию тока управления транзистором небольшой силы, который работает в режиме ключа. Контакты электромагнита включены в цепь базы транзистора и выполняют функции органа управления. Чувствительным элементом регулятора напряжения является обмотка электромагнита, находящаяся под напряжением генератора.

При напряжении генератора, меньшем регулируемого, контакты замкнуты, а благодаря наличию тока базы транзистор открыт. Сопротивление цепи возбуждения определяет только сопротивление самой обмотки возбуждения. С увеличением частоты вращения ротора напряжение генератора возрастает. При напряжении генератора, большем регулируемого, электромагнит преодолевает сопротивление пружины и контакты замыкаются, шунтируя переход эмиттер—база транзистора. Транзистор запирается, а сопротивление цепи возбуждения увеличивается, так как ток возбуждения должен проходить через добавочный резистор. Уменьшение силы тока возбуждения вызывает уменьшение магнитного потока, ЭДС и напряжения генератора. Это, в свою очередь, приводит к ослаблению усилия электромагнита, и в какой-то момент контакты разомкнутся. Данный процесс периодически повторяется. Напряжение генератора колеблется около заданного регулируемого напряжения.

Примером контактно-транзисторного регулятора напряжения может служить реле-регулятор РР362 (рис. 3.32). Функцию регулирующего устройства реле выполняет транзистор VT , который через диод $VD1$ включен в цепь возбуждения. Управление транзистором осуществляет электромагнитное реле с двумя парами контактов $KV:1$ и $KV:2$. Реле имеет одну основную обмотку KV управления и включено по схеме с ускоряющим и выравнивающим резисторами. Функции выравнивающего резистора выполняет диод $VD1$, который одновременно обеспечивает надежный перевод транзистора в состояние отсечки. Необходимая степень насыщения транзистора обеспечивается подбором сопротивления резистора R_6 , по которому протекает ток базы. При включении выключателя зажигания в цепи эмиттер—база транзистора через диод смещения $VD1$ и резистора в цепи базы R_6 начинает протекать ток от аккумуляторной батареи. Транзистор VT открывается и к источнику электроснабжения че-

Рис. 3.32. Схема контактно-транзисторного регулятора напряжения РР362



рез диод $VD1$ и переход эмиттер—коллектор транзистора подключается обмотка возбуждения.

Напряжение генератора подводится к обмотке KV через диод $VD1$, ускоряющий резистор R_y и резистор термокомпенсации $R_{тк}$. При повышении частоты вращения ротора генератора напряжение возрастает. Контакты $KV:1$ замыкаются. Переход эмиттер—база оказывается смещенным в обратном направлении (потенциал эмиттера ниже потенциала базы на величину падения напряжения на диоде $VD1$). Обратное смещение этого перехода прерывает протекание тока в цепи базы транзистора и переводит его в состояние отсечки. Ток в обмотку возбуждения поступает через ускоряющий R_y и добавочный R_d резисторы, что приводит к снижению силы тока и напряжения генератора.

Уменьшение напряжения вызывает размыкание контактов $KV:1$ и отпирает транзистор VT . Обмотка возбуждения снова подключается к источнику электроснабжения через открытый транзистор VT . Сила тока возбуждения и напряжение генератора возрастают. Далее процесс периодически повторяется.

Обмотка возбуждения генератора шунтирована диодом $VD2$, чтобы исключить перенапряжения на транзисторе VT , возникающие при коммутации цепи возбуждения.

Ускоряющий резистор R_y является элементом жесткой обратной связи. Когда транзистор VT находится в состоянии насыщения, через резистор R_y протекает ток обмотки электромагнитного реле KV . При закрытом транзисторе сила этого тока складывается с силой тока обмотки возбуждения. Следовательно, при переходе транзистора в состояние отсечки падение напряжения на резисторе R_y резко возрастает, что приводит к скачкообразному изменению напряжения на обмотке KV электромагнита. Время разомкнутого состояния контактов $KV:1$ сокращается и, как следствие, повышается частота их вибрации и уменьшается амплитуда колебаний регулируемого напряжения.

Полупроводниковые элементы регуляторов напряжения должны быть защищены от токовых перегрузок и опасных импульсов напряжения. Перегрузки могут возникнуть при замыкании выводов генераторной установки между собой или на массу, а также при обрыве монтажных проводов. В регуляторе напряжения РР362 предусмотрена защита транзистора от перегрузки при замыкании вывода "Ш" на массу, когда обмотка возбуждения оказывается замкнутой накоротко. В этом случае к переходу эмиттер—коллектор транзистора *VT* подводится полное напряжение генератора и транзистор может выйти из строя вследствие теплового пробоя.

При исправном состоянии генераторной установки обмотка реле *KA* защиты или отсоединена от цепи электроснабжения, когда контакты *KV:2* разомкнуты, или подключена к этой цепи через обмотку возбуждения. В первом случае ток в обмотке реле *KA* отсутствует. Во втором случае из-за наличия сопротивления обмотки возбуждения сила тока в цепи электроснабжения обмотки реле защиты *KA* будет недостаточна для его срабатывания (замыкания контактов *KA:1*).

При замыкании накоротко обмотки возбуждения напряжение на выводах генератора и обмотки реле *KV* уменьшается, что приводит к замыканию контактов *KV:2*. Обмотка *KA* реле защиты подключается непосредственно к источнику электроснабжения, минуя замкнутую накоротко обмотку возбуждения генератора. Сила тока в обмотке реле *KA* возрастает, реле срабатывает, контакты *KA:1* замыкаются, что приводит к переходу транзистора *VT* в режим отсечки и прекращению протекания через его эмиттер—коллекторный переход токов большой силы.

В контактно-транзисторном регуляторе напряжения 21.3702 (рис. 3.33) коммутацию в цепи обмотки возбуждения осуществляет

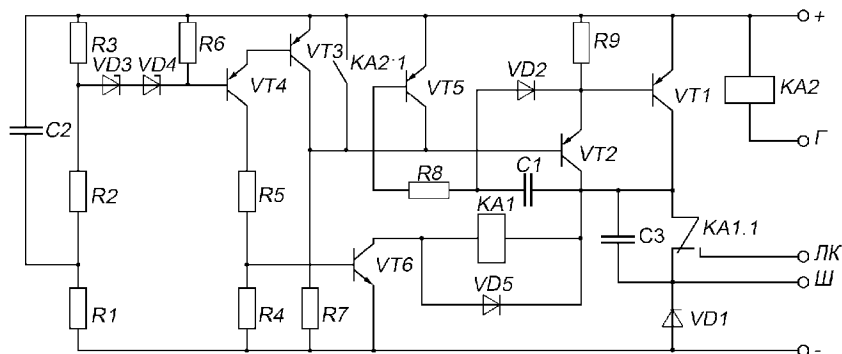


Рис. 3.33. Схема контактно-транзисторного регулятора напряжения 21.3702

транзистор $VT1$, управляемый реле $KA2$ с контактами $KA2:1$. При превышении уровня настройки регулятора контакты $KA2:1$ замыкаются. Транзистор $VT1$ переходит в режим отсечки и прерывает ток в обмотке возбуждения. При снижении уровня напряжения генератора до уровня напряжения возврата контакты $KA2:1$ размыкаются, транзисторы переходят в режим насыщения и ток снова поступает в обмотку возбуждения. Далее процесс повторяется. При выходе транзистора $VT1$ из строя электромагнитное реле с обмоткой $KA1$ и контактами $KA1:1$ обеспечивает регулирование напряжения генератора по вибрационному принципу.

3.12. БЕСКОНТАКТНЫЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ

3.12.1. Регулятор напряжения с эмиттерной обратной связью

Основу бесконтактных транзисторных регуляторов напряжения составляют транзисторные реле с эмиттерной и коллекторной обратной связью.

Схема бесконтактного транзисторного регулятора напряжения с эмиттерной обратной связью приведена на рис. 3.34. Измерительным органом регулятора является цепь $R1-R2-R3-VD1$, регулирующим устройством — транзисторное реле с эмиттерной обратной связью (транзисторы $VT1$, $VT2$, диод $VD2$, резисторы $R3$, $R4$ и резистор обратной связи R_{oc}). Нагружено транзисторное реле обмоткой $w1$ возбуждения генератора, шунтированной гасящим диодом $VD3$.

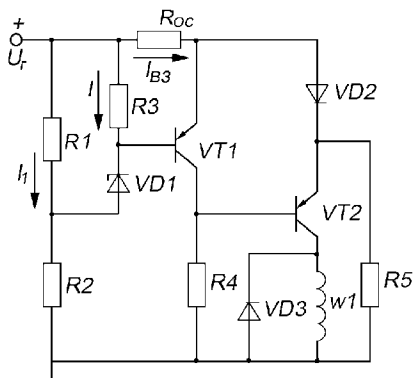


Рис. 3.34. Схема бесконтактного транзисторного регулятора напряжения с эмиттерной обратной связью (U_r — напряжение генератора)

При напряжении на резисторе $R1$, меньшем порогового напряжения стабилитрона $VD1$, сила тока, протекающего по цепи $R3-VD1$, практически равна нулю. Напряжение приложено к эмиттерному переходу транзистора $VT1$ в обратном направлении. Поэтому транзистор $VT1$ находится в состоянии отсечки. Напряжение на его переходе эмиттер—коллектор практически равно напряжению генератора и приложено к эмиттерному переходу транзистора $VT2$ в прямом направлении. Транзистор $VT2$ находится в состоянии насыщения. Степень насыщения зависит от сопротивления резистора $R4$.

Поскольку сопротивление резистора $R_{о.с}$ и падение напряжения на диоде $VD2$ невелики, то можно считать, что к обмотке возбуждения подается практически полное напряжение генератора, что обеспечивает необходимое самовозбуждение и увеличение напряжения генератора.

При напряжении генератора, равном напряжению срабатывания транзисторного реле, в цепи $R3-VD1$ возникает сила тока стабилизации стабилитрона. Напряжение на эмиттерном переходе транзистора $VT1$ достигает порогового значения, и транзистор переходит из состояния отсечки в состояние насыщения, шунтируя переход эмиттер—база транзистора $VT2$. Транзистор $VT2$ закрывается, сила тока возбуждения уменьшается (сила тока определяется ЭДС самоиндукции, индуцируемой в обмотке возбуждения), что приводит к уменьшению создаваемого обмоткой возбуждения магнитного потока, ЭДС и напряжения генератора. Уменьшение силы тока возбуждения вызывает скачкообразное повышение входного напряжения на транзисторе $VT1$ и более быстрое переключение его из состояния отсечки в состояние насыщения. Необходимое смещение эмиттерного перехода транзистора $VT2$ при его переключении в состояние отсечки обеспечивается подбором параметров цепи $VD2-R5$.

Как только напряжение генератора достигает напряжения возврата транзисторного реле, стабилитрон $VD1$ закрывается, транзистор $VT1$ переходит в состояние отсечки, а транзистор $VT2$ — из состояния отсечки в состояние насыщения, что обуславливает повышение силы тока возбуждения и напряжения генератора. Релейный эффект в регуляторе достигается посредством резистора $R_{о.с}$, обеспечивающего положительную обратную связь.

3.12.2. Регуляторы напряжения с коллекторной обратной связью

Регулятор напряжения с коллекторной обратной связью, схема которого приведена на рис. 3.35, *а*, содержит фильтр, функции которого

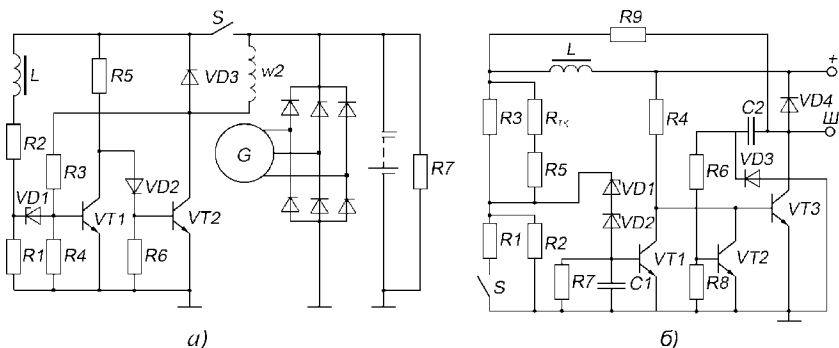


Рис. 3.35. Схемы транзисторных регуляторов с коллекторной обратной связью

выполняет катушка индуктивности L , измерительное устройство с резисторами $R1$, $R2$, $R4$ и стабилитроном $VD1$ и регулирующее устройство — транзисторное реле, содержащее транзисторы $VT1$, $VT2$, диод $VD2$, и резисторы $R5$, $R6$ и $R3$. Напряжение генератора регулируется по среднему выпрямленному напряжению U_d .

В регуляторе напряжения используются кремниевые транзисторы $n-p-n$ типа. Так как кремниевые транзисторы имеют сравнительно высокое пороговое напряжение, то нет необходимости создавать отрицательное смещение на их эмиттерных переходах.

Коллекторная обратная связь осуществляется через резистор $R3$, включенный между коллектором транзистора $VT2$ и базой транзистора $VT1$. При напряжении U_d , равном напряжению срабатывания реле, по цепи $VD1-R4$ протекает ток стабилизации стабилитрона. Напряжение на эмиттерном переходе транзистора $VT1$ достигает порогового значения. Транзистор $VT1$ начинает переключаться из состояния отсечки в состояние насыщения. Транзистор $VT2$ переходит в состояние отсечки. При этом потенциал коллектора $VT2$ возрастает, сила тока в цепи $R3-R4$ увеличивается, что приводит к скачкообразному повышению напряжения на эмиттерном переходе транзистора $VT1$ и резкому переключению его в состояние насыщения. Напряжение на переходе эмиттер—коллектор транзистора $VT1$ также скачкообразно уменьшается. Диод $VD2$ надежно обеспечивает переход транзистора $VT2$ в состояние отсечки.

При напряжении U_d , равном напряжению возврата, стабилитрон $VD1$ и транзистор $VT1$ закрываются. Потенциал коллектора транзистора $VT2$ и сила тока обратной связи уменьшаются, что приводит к скачкообразному

снижению напряжения на эмиттерном переходе транзистора $VT1$ и резкому переключению его из состояния насыщения в состояние отсечки.

В схеме регулятора напряжения, приведенной на рис. 3.35, б, предусмотрена защита от коротких замыканий в обмотке возбуждения. Так как регулятор предназначен для работы в генераторной установке напряжением 28 В, в нем установлены два стабилитрона $VD1$ и $VD2$.

Для обеспечения стабильности регулируемого напряжения с изменением температуры в делителе напряжения предусмотрен резистор $R_{\text{тк}}$. Кроме того, в регулятор напряжения входит переключатель S (зима—лето) для изменения уровня регулируемого напряжения.

Защиту регулятора напряжения от коротких замыканий обмотки возбуждения обеспечивают транзистор $VT2$, цепочка $C2-R6-R8$ и диод $VD3$.

При замыкании накоротко обмотки возбуждения транзистор $VT3$ переключается в активное состояние. В этом режиме на транзисторе выделяется большая мощность и резко повышается его температура, что ведет к тепловому пробоем переходов и отказу регулятора напряжения. Защита необходима, чтобы уменьшить время нахождения транзистора $VT3$ в активном состоянии.

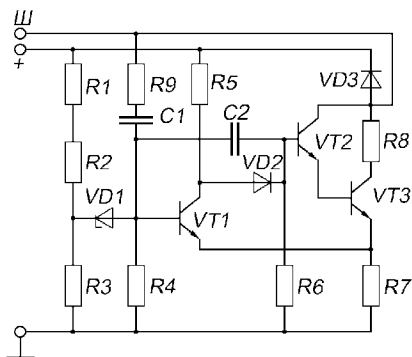
Как только возникает короткое замыкание обмотки возбуждения, происходит заряд конденсатора $C2$ по цепи "+" генератора — вывод "Ш" — $C2-R6-R8$ — масса. Напряжения на резисторе $R8$ становится достаточным, чтобы переключить транзистор $VT2$ в состояние насыщения, а транзистор $VT3$ в состояние отсечки. Транзистор $VT2$ будет находиться в состоянии насыщения до тех пор, пока напряжение на резисторе $R8$ не станет равным пороговому напряжению.

По истечении времени насыщения транзистор $VT2$ переключается в состояние отсечки, а транзистор $VT3$ переходит в активное состояние. Конденсатор $C2$ начнет разряжаться по цепи $VT3-VD3$. После разряда конденсатор $C2$ вновь заряжается, и транзистор $VT2$ переходит в состояние насыщения, а транзистор $VT3$ — в активное состояние. В результате время нахождения транзистора $VT3$ в активном состоянии резко уменьшается и, соответственно, уменьшается мощность рассеяния транзистора.

3.12.3. Регуляторы напряжения с составным транзистором

Составные транзисторы применяют для повышения коэффициента усиления по току и входного сопротивления. Эмиттером составного транзистора $VT2-VT3$ в схеме регулятора (рис. 3.36) является эмиттер транзистора $VT3$, а базой — база транзистора $VT2$. Коллекторы обоих транзисторов соединены между собой. Два транзистора, вклю-

Рис. 3.36. Схема бесконтактного транзисторного регулятора напряжения с составным транзистором



ченные по схеме составного транзистора (схема Дарлингтона), могут рассматриваться как один с большим коэффициентом усиления. Применение составного транзистора позволяет снизить силу его базового тока, а следовательно, исключить применение в цепи базы резистора с большим сопротивлением и снизить рассеиваемую мощность в регуляторе, что способствует уменьшению его размеров.

Регулятор имеет жесткую эмиттерную обратную связь через резистор $R7$ и гибкую коллекторную по цепи $R9-C1$. Конденсатор $C2$ выполняет функции фильтра. Применение гибкой обратной связи ускоряет процессы переключения транзисторов. Если составной транзистор находится в состоянии насыщения, ток в цепи $R9-C1-R4$ отсутствует. При переходе составного транзистора в состояние отсечки потенциал его коллектора резко возрастает. В цепи $R9-C1-R4$ — эмиттерный переход транзистора $VT1$ возникает импульс тока, ускоряющий процесс переключения транзисторов $VT1$ и $VT3$. При переключении транзистора $VT3$ из состояния отсечки в состояние насыщения конденсатор $C1$ разряжается по цепи $R9-VT3-VT1$, создавая импульсы обратной полярности в эмиттерном переходе транзистора $VT1$. Процесс переключения транзистора $VT1$ из состояния насыщения в состояние отсечки ускоряется. По рассмотренной принципиальной схеме выполнены регуляторы Я112 и Я120 и их модификации.

3.12.4. Регулятор напряжения с каскадным соединением транзисторов

Применение составного транзистора в регуляторе напряжения приводит к повышению частоты вращения ротора начала отдачи генератора, так как падение напряжения на составном транзисторе больше, чем

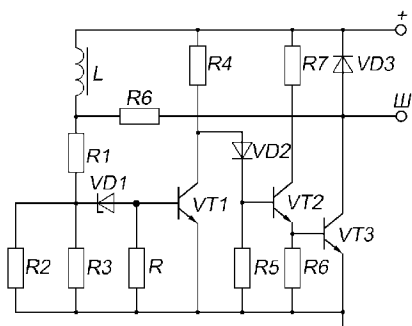


Рис. 3.37. Схема бесконтактного регулятора напряжения с каскадным соединением транзисторов

на обычном транзисторе. Для снижения частоты вращения ротора в регуляторах напряжения применяют каскадное соединение транзисторов. В отличие от бесконтактно-транзисторного регулятора (см. рис. 3.34) напряжения с эмиттерной обратной связью бесконтактный регулятор (рис. 3.37) напряжения с каскадным соединением транзисторов содержит дополнительный каскад усиления на транзисторе $VT2$. При напряжении U_d , меньшем напряжения срабатывания регулятора, транзистор $VT1$ находится в состоянии отсечки, а транзисторы $VT2$ и $VT3$ — в состоянии насыщения. При достижении U_d значения напряжения срабатывания транзистор $VT1$ переходит в состояние насыщения, а транзисторы $VT2$ и $VT3$ — в состояние отсечки. Коллекторная обратная связь в регуляторе напряжения осуществляется с помощью резистора $R6$.

3.12.5. Схемы автотракторных транзисторных регуляторов напряжения

В регуляторе напряжения 201.3702 (рис. 3.38) резисторы $R1$, $R2$, $R3$ и $R4$ образуют измерительный элемент регулятора. Резистором $R1$ в делителе напряжения обеспечивается настройка регулятора. Элементом сравнения является стабилитрон $VD1$. Стабилитрон расположен не в базовой, а в эмиттерной цепи входного транзистора $VT1$. Так как транзистор $VT1$ открывается током перехода эмиттер–база, то перенос стабилитрона из базовой области в эмиттерную на принцип работы регулятора влияния не оказывает. Однако, поскольку сила тока в эмиттерной цепи больше, чем в базовой, этот перенос способствует более стабильной работе регулятора напряжения по уровню поддерживаемого им напряжения.

Регулирующим элементом является часть схемы на транзисторах $VT1$, $VT3$, $VT4$ и $VT5$. Транзисторы $VT4$ и $VT5$ включены по схеме составного транзистора.

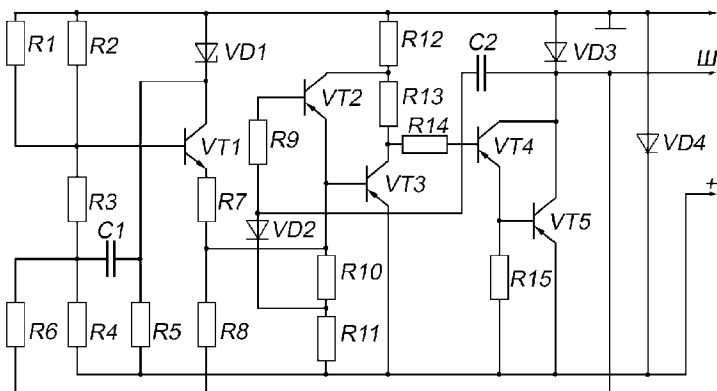


Рис. 3.38. Схема регулятора напряжения 201.3702

Когда транзистор $VT1$ в состоянии насыщения, транзистор $VT3$ находится в том же состоянии, так как ток его базы протекает через переход эмиттер–коллектор $VT1$. Составной транзистор $VT4$, $VT5$ закрыт, так как его переход эмиттер–база шунтирован переходом эмиттер–коллектор транзистора $VT3$. Если транзистор $VT1$ закрыт, что возможно при низком напряжении на выводах генератора, когда ток через стабилитрон $VD1$ не протекает, то закрыт транзистор $VT3$ и открыт составной транзистор $VT4$, $VT5$.

Жесткая обратная связь осуществляется резистором $R6$. При переходе составного транзистора $VT4$, $VT5$ в открытое состояние резистор $R6$ подключается параллельно резистору $R4$ входного делителя напряжения. Это приводит к скачкообразному повышению напряжения на стабилитроне $VD1$, ускоренному его отпирантию и отпирантию транзисторов $VT4$, $VT5$. При запирании составного транзистора резистор $R6$ отключается от резистора $R4$, что способствует скачкообразному уменьшению напряжения на стабилитроне $VD1$ и его ускоренному запирантию. Следовательно, резистор $R6$ жесткой обратной связи повышает частоту переключения регулятора напряжения.

Конденсатор $C1$ осуществляет фильтрацию пульсаций входного напряжения и исключает их влияние на работу регулятора напряжения.

При нормальном режиме работы регулятора напряжения транзистор $VT2$ обеспечивает форсированный переход транзисторов $VT3$, $VT4$ и $VT5$ из состояния отсечки в состояние насыщения и обратно. В результате снижаются потери мощности при переключении. В дан-

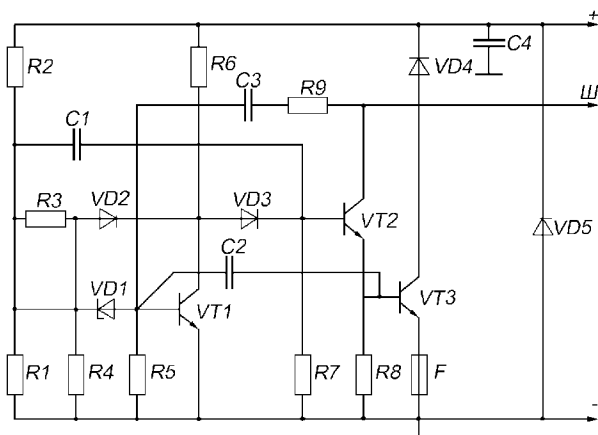


Рис. 3.39. Схема регулятора напряжения 13.3702

ном случае транзистор $VT2$ вместе с конденсатором $C2$ и резистором $R9$ осуществляют гибкую обратную связь в регуляторе.

В аварийном режиме схема на транзисторе $VT2$ защищает составной транзистор $VT4$, $VT5$ от перегрузки. Средняя сила тока, проходящего через выходной транзистор, который переходит в автоколебательный режим работы, невелика и не может вывести его из строя.

Диод $VD3$ является гасящим диодом. Диод $VD4$ защищает регулятор от импульсов напряжения обратной полярности. Остальные элементы обеспечивают нужный режим работы полупроводниковых элементов схемы.

Измерительное устройство регулятора 13.3702 напряжения (рис. 3.39) (делитель на резисторах $R1$ и $R2$) соединено с элементом сравнения — стабилитроном $VD1$. Электронное реле регулятора собрано на транзисторах $VT1$, $VT2$ и $VT3$. Силовым транзистором в выходной цепи регулятора является составной транзистор $VT2$, $VT3$. Обмотка возбуждения в генераторе соединена с выводом "+".

Цепь жесткой обратной связи состоит из резисторов $R3$, $R4$ и диода $VD2$. При закрытом транзисторе $VT1$ одно из плеч делителя напряжения образуется параллельно включенными резистором $R1$ (подстроечный) и последовательно соединенными между собой резисторами $R3$ и $R4$. При переходе в состояние насыщения транзистор $VT1$ совместно с диодом $VD2$ шунтирует резистор $R4$. Напряжение на стабилитроне резко уменьшается, что приводит к ускоренному переключе-

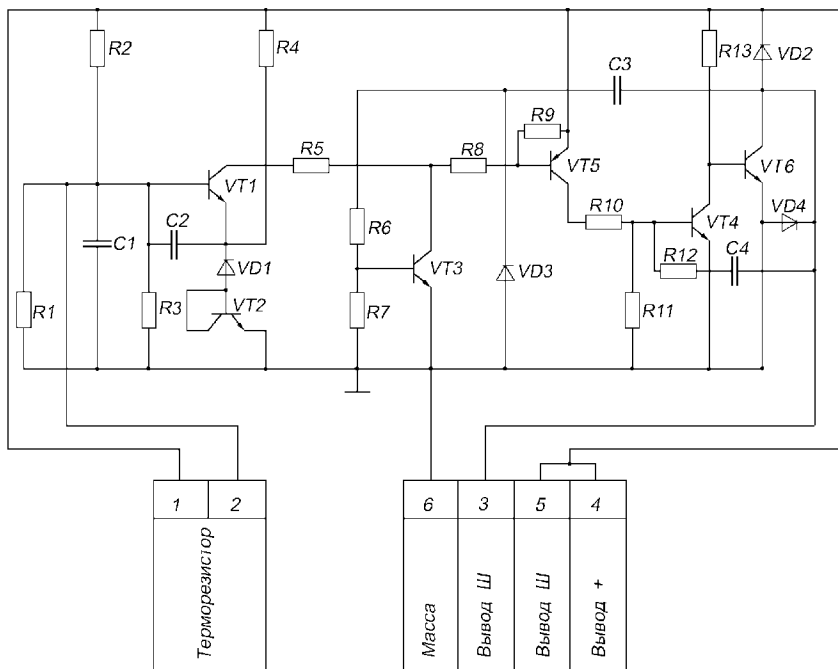


Рис. 3.40. Схема регулятора напряжения 4202.3702

чению транзистора в состояние отсечки. Таким образом, цепь жесткой обратной связи повышает частоту переключения регулятора напряжения.

Конденсаторы $C1$ и $C2$ снижают влияние электромагнитных помех и пульсаций выпрямленного напряжения на работу регулятора напряжения, а также предотвращает возможность его самовозбуждения при высокой частоте.

Конденсатор $C4$ фильтрует высокочастотные импульсы на входе в регулятор.

В регуляторе предусмотрены два элемента защиты. От токовых перегрузок выходной транзистор защищен предохранителем F , а от импульсов напряжения обратной полярности — диодом $VD5$.

Регулятор напряжения 4202.3702 (рис. 3.40) на автомобиле ЗИЛ-53014 "Бычок" автоматически изменяет уровень регулируемого напряжения в зависимости от температуры электролита аккумуляторной батареи с помощью терморезистора, помещенного

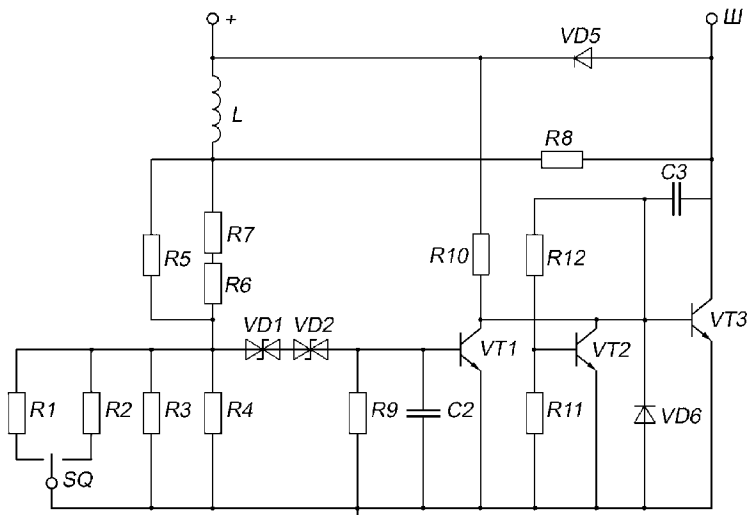


Рис. 3.41. Схема регулятора напряжения 23.3702

в электролит и включенного параллельно плечу $R1$, $R3$ делителя напряжения.

Регулятор напряжения 23.3702 (рис. 3.41) в схемах генераторных установок автобусов с дизелями и трактора К701М поддерживает напряжение 28 В и имеет переключатель SQ , обеспечивающий установку трех уровней регулируемого напряжения. Транзисторы $VT1$ и $VT3$ образуют электронное реле, управляющее током в обмотке возбуждения генератора. Транзистор $VT2$ вместе с цепью $C3$ — $R12$ обеспечивает гибкую обратную связь и защиту схемы от замыканий в цепи обмотки возбуждения.

3.13. ТИРИСТОРНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ

Управлять тиристором в тиристорных регуляторах напряжения можно путем регулирования угла включения (с естественной коммутацией) или относительной длительности включения (с искусственной коммутацией).

Схема тиристорного регулятора напряжения с естественной коммутацией приведена на рис. 3.42. Функции регулирующего органа в регуляторе выполняет тиристор $VT2$, в анодную цепь кото-

ристор переходит в состояние отсечки. Обмотка возбуждения отключается от источника электроснабжения. Сила тока в обмотке возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. При выходном напряжении генератора, равном напряжению срабатывания, транзистор *VT1* переключается в состояние отсечки, а тиристор — в состояние насыщения. Далее процессы повторяются.

В автотракторном электрооборудовании тиристорные регуляторы применяют редко. Применение тиристоров не упрощает схему регулятора напряжения, создает более сложные условия для возбуждения генератора и требует увеличения объема обмотки возбуждения генератора, так как напряжение электроснабжения обмотки возбуждения ниже выпрямленного напряжения.

3.14. АВТОТРАКТОРНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ

Интегральные регуляторы напряжения рассчитаны на силу тока 3,3 и 5 А. Схемы регуляторов достаточно просты, поэтому они имеют небольшие размеры. Кроме того, они максимально унифицированы для напряжения 14 и 28 В. Малогабаритные интегральные регуляторы напряжения встраиваются в генератор, поэтому в их схемах отсутствуют элементы защиты полупроводниковых элементов.

В регуляторе Я112В1 (рис. 3.43, *а*) входной делитель напряжения собран на резисторах *R1*, *R2* и *R3*. Элементом сравнения служит стабилитрон *VD1*. В выходной цепи находится транзистор

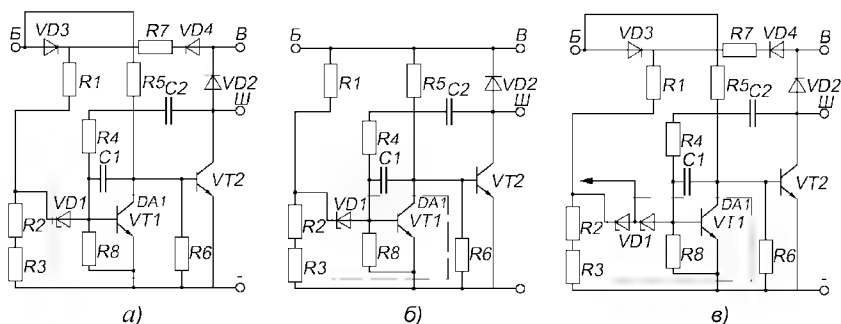


Рис. 3.43. Схема интегральных регуляторов напряжения:

а — Я112В1; *б* — Я112А1; *в* — Я120М1

VT2. Элементом сравнения служит стабилитрон *VD1*, выходной транзистор электронного реле *VT1* и резистор *R8* выполнены в одном корпусе в виде микросхемы *DA1*. Защиту схемы от возможных аварийных режимов обеспечивают диоды *VD3*, *VD4*. Диод *VD2* является гасящим. Гибкую обратную связь осуществляет цепь *C2—R4—C1*.

Входная цепь регулятора Я112В1 снабжается электроэнергией через отдельный вывод "Б". Если напряжение на выводе "Б" отсутствует (замок зажигания выключен), то отсутствует и базовый ток транзистора *VT2*. Транзистор закрыт и протекание тока в цепи обмотки возбуждения невозможно.

Если прерывание тока в цепи возбуждения при неработающем двигателе осуществляется другим путем, выводы "Б" и "В" соединяются между собой перемычкой внутри регулятора и наружу выходит только вывод "В." В регуляторе Я112А (рис 3.43, б) этот вывод задублирован, что исключает возможность отключения гасящего диода от обмотки возбуждения при нарушении контакта вывода "В" с контактной пластиной щеткодержателя.

Входной делитель напряжения регулятора Я112В1 (см. рис. 3.43, а) собран на резисторах *R1*, *R2* и *R3*.

Интегральный регулятор Я112М1 (рис. 3.43, в) работает с генератором Г273 и его модификациями. Измерительный делитель напряжения собран на резисторах *R1*, *R2* и *R3*. Резисторы *R1* и *R3* являются настроечными и регулируются на заданное выходное напряжение при изготовлении регулятора.

Элемент сравнения (см. рис. 3.43, в) состоит из двух последовательно включенных стабилитронов *VD1*, так как регулятор рассчитан на номинальное напряжение 28 В. Оба стабилитрона управляют базовым током выходного транзистора *VT2*.

Диоды *VD3* и *VD4* обеспечивают защиту схемы регулятора напряжения от возможных аварийных режимов. Регуляторы напряжения рассчитаны на ток возбуждения силой 5 А.

Регулятор напряжения 17.3702 (рис. 3.44) встраивается в щеточный узел генератора 37.3701. Входной делитель собран на резисторах *R2*, *R5*, *R6*. Стабилитрон *VD1* как элемент сравнения расположен в эмиттерной цепи транзистора *VT1* электронного реле на четырех транзисторах *VT2—VT5*. Выходные транзисторы *VT4* и *VT5* включены параллельно, что обеспечивает повышенную надежность регулятора и работу с током возбуждения силой 5 А. Жесткая обратная связь обеспечивается резистором *R8*, гибкая — конденсаторами *C1*, *C2*, *C3* и ре-

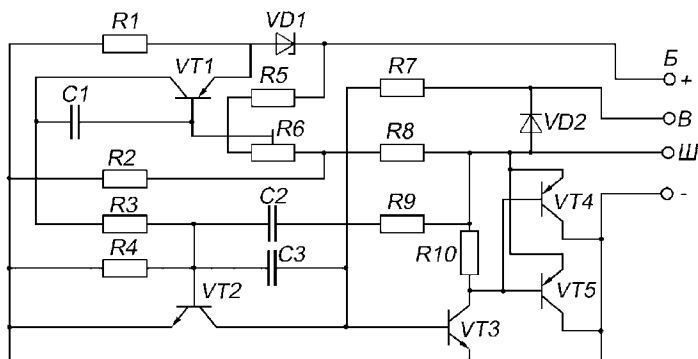


Рис. 3.44. Схема регулятора напряжения 17.3702

зистором $R9$. Вывод "B" подсоединяется к дополнительному выпрямителю, а вывод "B" — к силовому.

Регулятор напряжения (рис. 3.45) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) изготавливается по гибридной технологии в металлокерамическом корпусе. Микросхема регулятора содержит входной делитель напряжения $A1$, параметрический стабилизатор напряжения $A2$, усилитель-интегратор $A3$, компаратор обратной связи $A4$, источник опорного напряжения $A5$, бистабильный триггер $A6$ и выходной усилитель $A7$. Вне микросхемы в регуляторе находятся балластный резистор параметрического стабилизатора напряжения источника электропитания микросхемы, токоограничивающий резистор $R2$, выходной транзистор $VT1$ и гасящий диод $VD1$.

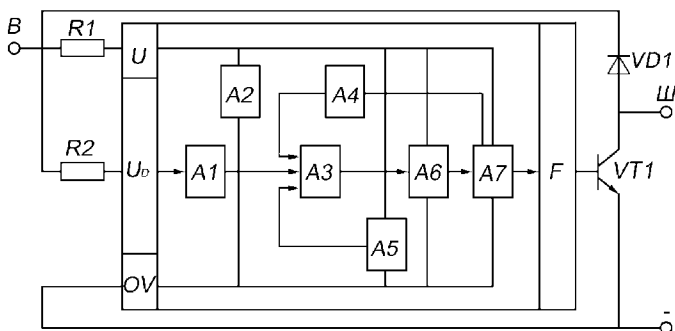


Рис. 3.45. Схема интегрального регулятора напряжения с ШИМ

Напряжение генератора через усилитель *A1* подается на неинвертирующий вход усилителя-интегратора *A3*, где сравнивается с опорным напряжением. При номинальном уровне регулируемого напряжения генератора схема через триггер *A6* и усилитель *A7* подает сигнал на переключение выходного транзистора *VT1* исходя из того, что время нахождения его в состояниях насыщения и отсечки одинаково.

При отключении напряжения генератора от номинального уровня изменяется время заряда и разряда конденсатора интегратора. Напряжение на конденсаторе отслеживается бистабильным триггером *A6*, который через выходной усилитель *A7* изменяет соотношение между длительностью нахождения выходного транзистора *VT1* в состояниях насыщения и отсечки. Таким образом, стабилизация напряжения генератора, как и в традиционных схемах регулирования, осуществляется за счет изменения относительного времени включения обмотки возбуждения в цепь электроснабжения с соответствующим изменением средней силы тока возбуждения.

3.15. УСТРОЙСТВО РЕГУЛЯТОРОВ НАПЯЖЕНИЯ

Конструкция регуляторов напряжения, располагаемых вне генератора и соединенных с ним через провода бортовой сети, в основном идентична. Такие регуляторы можно разделить на две группы — регуляторы с металлическим корпусом—крышкой и регуляторы в пластмассовом корпусе.

При разработке полупроводниковых регуляторов напряжения учитываются особенности полупроводниковых приборов и используются современные достижения в области полупроводниковой техники, связанные с новейшей технологией изготовления — технологией интегральных схем.

Особенностью электронных изделий является блочный принцип построения конструкций. В таком случае открываются широкие возможности для унификации и стандартизации элементов, что позволяет применять в производстве прогрессивные методы обработки, сборки и монтажа с высокопроизводительным автоматизированным оборудованием.

По конструктивным признакам бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения относятся к блокам со смешанным монтажом и навесными электрическими элементами. Монтаж платы — печатный, внутриблочный монтаж — объемный.

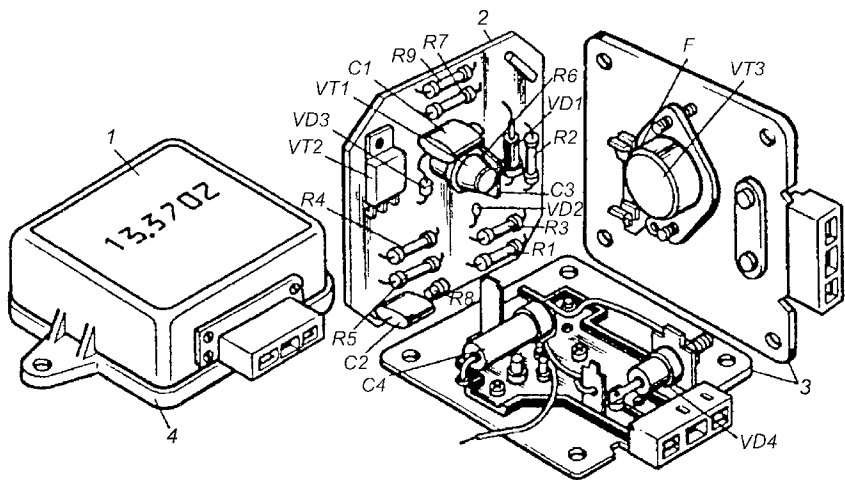


Рис. 3.46. Конструкция регулятора напряжения 13.3702:

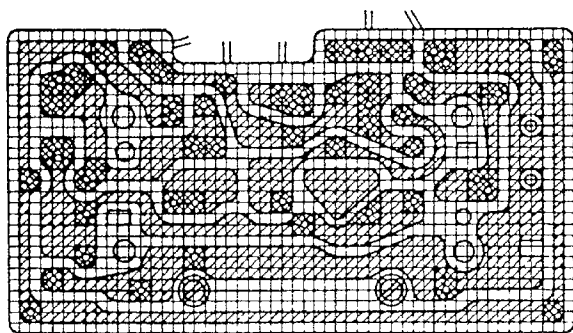
1 — крышка; 2 — плата; 3 — основание; 4 — поддон. Буквенные обозначения см. рис. 3.39

Особенности полупроводниковых регуляторов с навесным монтажом электрических и электронных компонентов на печатной плате рассмотрены на примере регулятора 13.3702 (рис. 3.46).

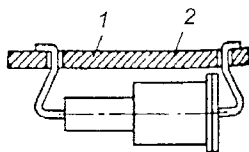
Элементы схемы, кроме выходного транзистора, расположены между печатной платой 2 и основанием 3. Входной транзистор *VT1* (см. рис. 3.39) установлен на плате в специальном чашеобразном держателе. Транзистор *VT2* находится непосредственно на плате. Выходной транзистор *VT3* прикреплен к основанию (теплоотводу) 3 (см. рис. 3.46). Печатная плата крепится к основанию с помощью стоек, которые являются продолжением выводов "+" и "Ш." В отверстиях стойки "+" закреплен гасящий диод *VD4*. Предохранитель *F* расположен на наружной стороне основания регулятора.

Печатная плата вместе с основанием двумя винтами закреплена внутри крышки 1. Через прорезь в поддоне 4 виден волосок предохранителя, что позволяет проверить его работоспособность.

Основой печатной платы (рис. 3.47, а) является листовой или фольгированный электротехнический стеклотекстолит. Фольгированный стеклотекстолит с одной или двух сторон облицован красномедной электротехнической фольгой толщиной 0,035 и 0,05 мм. На поверхность этого основания наносят печатный монтаж, выполняю-



а)



б)

Рис. 3.47. Печатная плата:

1 — плата; 2 — диод

щих функции монтажных проводов, разъемов и контактных деталей. Одно из возможных креплений элементов на печатной плате показано на рис. 3.47, б.

В производстве наибольшее распространение получили электрохимические, химические и комбинированные методы изготовления печатных плат. Электрохимический метод — гальваническое осаждение металла на диэлектрик с металлизацией отверстий. Химический метод — травление фольгированного диэлектрика с дополнительной операцией металлизации отверстий. Комбинированный метод — травление фольгированного диэлектрика с одновременной металлизацией отверстий.

Различия печатных плат, выполненных по указанным методам, заключаются в возможности размещения печатного монтажа с одной или с двух сторон и в плотности печатного монтажа.

При размещении навесных элементов (резисторов, стабилитрона, диода, катушки индуктивности) в печатном узле регулятора руководствуются следующим:

установка элементов должна предусматривать доступ к ним и легкую их замену;

должна быть предусмотрена возможность ручной или механизированной установки элементов, пайки и последующей защиты лаковыми покрытиями;

элементы должны размещаться параллельно поверхности платы со стороны, противоположной размещению печатных проводников.

Встраиваемые в генераторы регуляторы напряжения выпускаются в гибридном интегральном исполнении, представляющем собой ком-

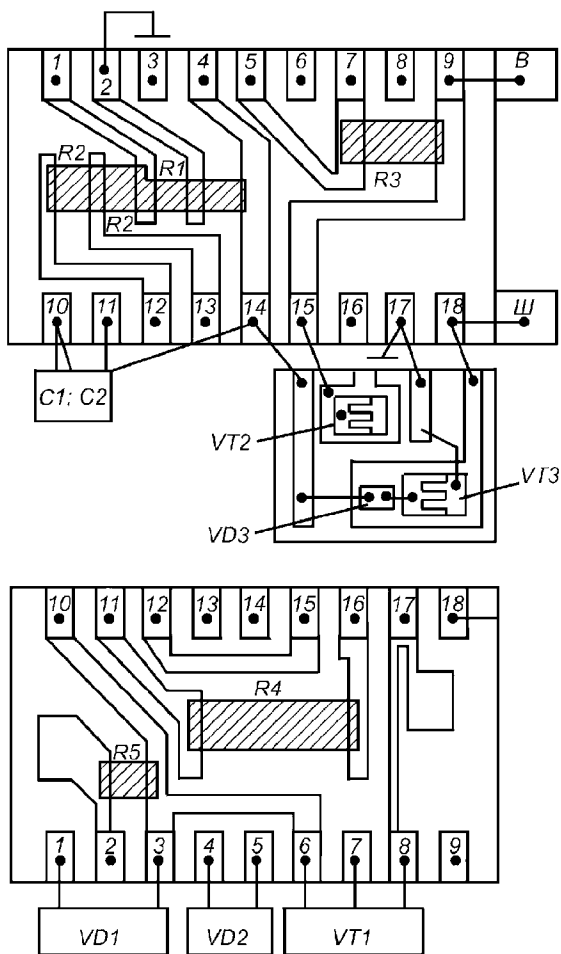


Рис. 3.48. Схема интегрального регулятора напряжения Я112

бинацию пленочных резисторов, выполненных на керамической изоляционной подложке, с миниатюрными дискретными элементами конденсаторами, диодами, транзисторами.

Дискретными элементами интегрального регулятора напряжения Я112 (рис. 3.48) являются стабилитрон $VD1$, диод $VD2$, транзистор $VT1$ и конденсаторы $C1$ и $C2$. Резисторы $R1$, $R2$, $R3$, $R4$, $R5$ и их соединения выполнены в виде толстых пленок, осажженных на общей под-

ложке из керамики. Составной транзистор $VT2$, $VT3$ вместе с гасящим диодом $VD3$, шунтирующим обмотку возбуждения, выполнен по полупроводниковой технологии.

Конструкция регулятора неразборная. Пластмассовый корпус приклеен к основанию, являющемуся одновременно теплоотводом и выводом. К металлическому основанию приклеены две фольгированные стеклотекстолитовые пластинки, которые являются выводами и к которым подключаются вывод "III" обмотки возбуждения и вывод "B". Регулятор закрыт крышкой. Внутренняя полость заполнена топливо-водостойким компаундом для защиты элементов схемы от воздействия окружающей среды.

Таким образом, конструкцию регуляторов напряжения в значительной мере определяет технология их изготовления. При изготовлении схемы на дискретных элементах (рис. 3.49, а) регулятор обычно имеет печатную плату, на которой располагаются данные элементы. При этом некоторые элементы, например настроечные резисторы, могут выполняться по толсто пленочной технологии.

Гибридная технология предполагает, что резисторы выполняются на керамической пластинке и соединяются с полупроводниковыми элементами — диодами, стабилитронами, транзисторами, которые в корпусном или бескорпусном исполнении припаиваются к металлической подложке (рис. 3.49, б).

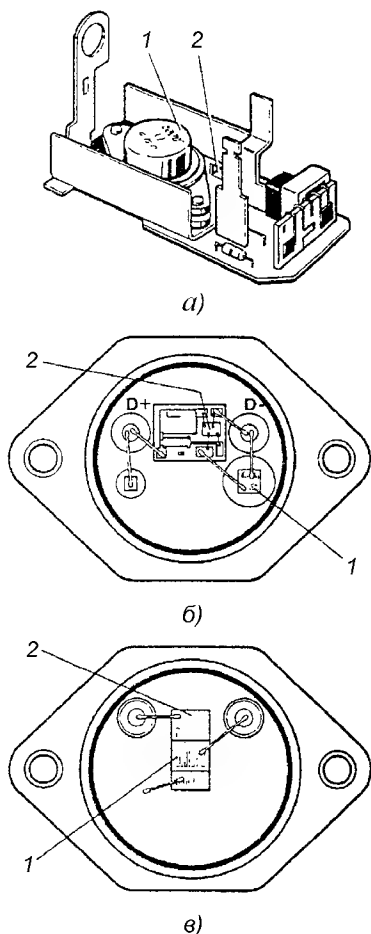


Рис. 3.49. Регуляторы напряжения различного исполнения:

а — на дискретных элементах; б — выполненные по гибридной технологии; в — на монокристалле кремния; 1 — силовой выходной каскад; 2 — схема управления

В регуляторе (рис. 3.49, *в*), выполненном на монокристалле кремния, вся схема размещена в этом кристалле.

Гибридные регуляторы напряжения и регуляторы на монокристалле ни разборке, ни ремонту не подлежат.

3.16. СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Наиболее распространенные схемы генераторных установок с вентильными генераторами приведены на рис. 3.50.

У генераторов, предназначенных для работы в комплекте с вибрационными, контактно-транзисторными регуляторами напряжения, а также бесконтактными транзисторными регуляторами, разработанными для замены конкретных типов вибрационных и контактно-транзисторных регуляторов, один вывод обмотки возбуждения соединен с массой, а другой, обычно маркируемый буквой "Ш", с регулятором напряжения *1* (рис. 3.50, *а*). Обозначения выводов на рис. 3.50, приведенные в скобках, относятся к генераторным установкам автомобилей ВАЗ.

В генераторах, напряжение которых стабилизируется на определенном уровне регуляторами напряжения на кремниевых полупроводниковых элементах, обмотка возбуждения соединена с выводом "+" сети и регулятором напряжения (рис. 3.50, *б–г*).

Для того чтобы исключить разряд аккумуляторной батареи на стоянке, цепь обмотки возбуждения в схемах на рис. 3.50, *а, б и г* включается в бортовую электросеть через выключатель зажигания *S*. Однако контакты выключателя при такой схеме коммутируют ток до 5 А, что приводит к снижению срока их службы. Поэтому в схеме на рис. 3.50, *в* через выключатель зажигания *S* замыкается лишь цепь управления регулятора напряжения, по которой протекает ток силой в несколько долей ампера. Прерывание тока в цепи управления переводит электронное реле в выключенное состояние и ток не поступает в обмотку возбуждения.

В схеме на рис. 3.50, *д* обмотка возбуждения подключена к выводу "Д" дополнительного выпрямителя. Аккумуляторная батарея на стоянках автомобиля не может разряжаться на обмотку возбуждения, так как она к ней не подключена. В схему введена лампа *HL*, через которую в обмотку возбуждения поступает ток небольшой силы от аккумуляторной батареи. На случай перегорания лампы параллельно ей подключен резистор.

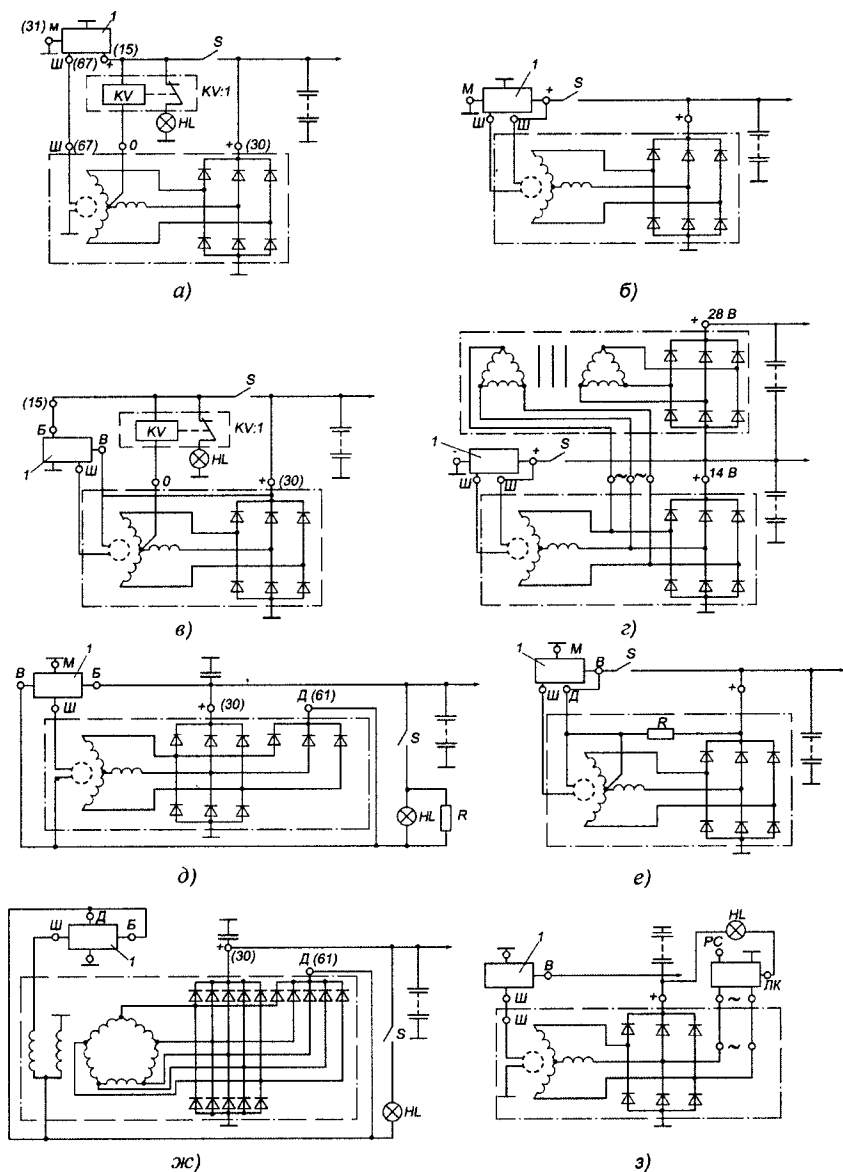


Рис. 3.50. Схемы генераторных установок с вентильным генератором

Схема, приведенная на рис. 3.50, *е*, характерна для генераторных установок номинальным напряжением 28 В. В этой схеме обмотка возбуждения подключена к нулевой точке 0 обмотки статора генератора, поэтому подаваемое на обмотку возбуждения напряжение в 2 раза меньше напряжения генератора. При этом импульсы напряжения, возникающие при работе генераторной установки, меньше, что повышает надежность полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Резистор R гарантированно обеспечивает возбуждение генератора.

На автомобилях ЗИЛ с дизелями генераторная установка имеет два уровня напряжения (14 и 28 В). Для получения второго уровня напряжения используется трансформаторно-выпрямительный блок (рис. 3.50, *з*). В этом случае регулируется только первый уровень напряжения 14 В. Второй уровень обеспечивается трансформированием и выпрямлением в блоке переменного напряжения генератора. Коэффициент трансформации трансформаторно-выпрямительного блока близок к единице.

В любой из приведенных на рис. 3.50 схем может быть применен помехоподавительный конденсатор, включаемый между выводом "+" генератора и массой.

Лампа HL (см. рис. 3.50, *д*) одновременно является элементом контроля работоспособности генераторной установки. На стоянке автомобиля при включении выключателя S зажигания контрольная лампа загорается. После пуска двигателя вывод "Д" генератора находится под напряжением, близким к напряжению аккумуляторной батареи, и контрольная лампа гаснет.

На схемах рис. 3.50, *а* и *в* для контроля работоспособности генераторной установки служит реле KV с размыкающими контактами $KV:1$, через которые подводится напряжение к контрольной лампе HL . Лампа загорается после включения выключателя S зажигания и гаснет после пуска двигателя, так как напряжение генератора, к нулевой точке 0 обмотки статора которого подключено реле, размыкает контакты реле и отключает контрольную лампу. Если лампа при работающем двигателе горит, значит, генераторная установка неисправна.

На рис. 3.50, *ж* приведена схема генератора с пятифазной обмоткой статора и размагничивающей обмоткой в системе возбуждения. Размагничивающая обмотка создает встречный магнитный поток по отношению к обмотке возбуждения, что позволяет расширить диапазон работы генераторных установок со смешанным магнитно-элек-

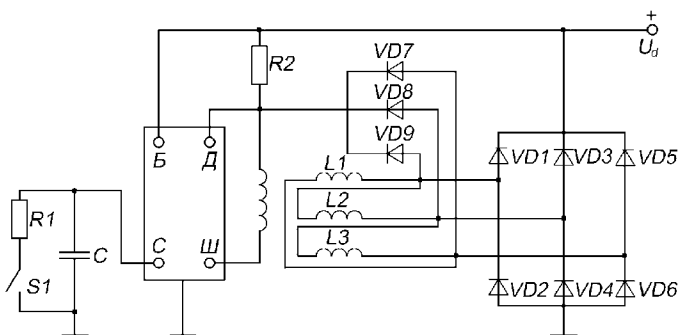


Рис. 3.51. Схема тракторной генераторной установки 46.3701

ромагнитным возбуждением по частоте вращения ротора. Регулятор I напряжения поддерживает заданный уровень напряжения не на силовом выводе "+" генератора, а на выводе "Д" дополнительного выпрямителя. В схеме исключен разряд аккумуляторной батареи через регулятор.

В схеме, приведенной на рис. 3.50, з, контрольная лампа подключена к реле, к которому подводится переменное напряжение генератора. Реле одновременно выполняет функции реле блокировки стартера.

Схемы тракторной генераторной установки с генератором 46.3701 приведена на рис. 3.51.

4. ЭЛЕКТРОСТАРТЕРЫ

4.1. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОГО ПУСКА. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА. УСЛОВИЯ РАБОТЫ

4.1.1. Структурная схема

Тип системы пуска определяют используемая энергия и конструкция основного пускового устройства – стартера. Для пуска автомобильных и тракторных двигателей используют системы электростартерного пуска. Они надежны в работе, обеспечивают дистанционное управление и возможность автоматизации процесса пуска двигателей с помощью электротехнических устройств.

Структурные схемы систем управления электростартерного пуска автомобильных и тракторных двигателей отличаются между собой незначительно (рис. 4.1). В системах управления стартером предусмотрены электромагнитные тяговые реле, дополнительные реле и реле блокировки, обеспечивающие дистанционное включение, автоматическое отключение стартера от аккумуляторной батареи после пуска двигателя и предотвращение включения стартера при работающем двигателе.

Источником энергии в системах электростартерного пуска является стартерная свинцовая аккумуляторная батарея (химический источ-

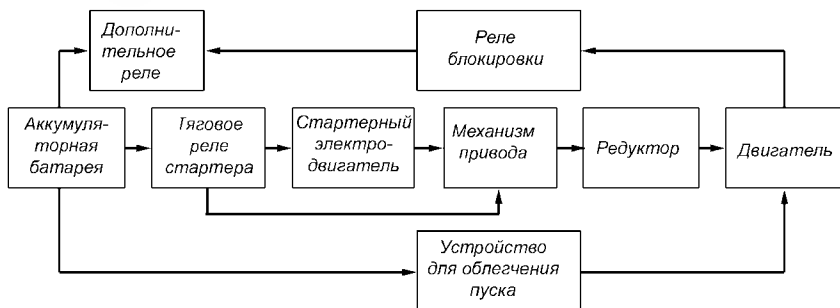


Рис. 4.1. Структурная схема системы электростартерного пуска

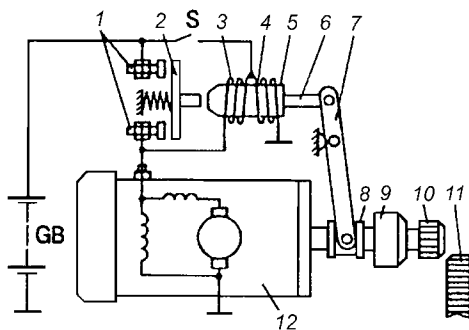


Рис. 4.2. Схема управления электростартером:

1 — контакты; 2 — подвижный контактный диск; 3, 4 — втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле соответственно; 5 — якорь тягового реле; 6 — шток; 7 — рычаг привода; 8 — поводковая муфта; 9 — муфта свободного хода; 10 — шестерня; 11 — зубчатый венец маховика; 12 — электростартер

ник постоянного тока, поэтому в электростартерах используют электродвигатели постоянного тока). Характеристики стартерного электропривода с электродвигателями постоянного тока последовательного или смешанного возбуждения хорошо согласуются с характеристиками поршневого двигателя при пуске.

Напряжение на стартерный электродвигатель подается от аккумуляторной батареи через замкнутые контакты 1 (рис. 4.2) тягового электромагнитного реле. При замыкании контактов выключателя *S* приборов и стартера, дополнительного реле или реле блокировки втягивающая 3 и удерживающая 4 обмотки тягового реле подключаются к аккумуляторной батарее *GB*. Якорь 5 тягового реле притягивается к магнитопроводу электромагнита. С помощью штока 6 и рычага 7 привода шестерня 10 входит в зацепление с зубчатым венцом 11 маховика двигателя.

В конце хода якоря 5 тягового реле контактная пластина замыкает силовые контактные болты, и стартерный электродвигатель приводит во вращение коленчатый вал двигателя.

После пуска двигателя муфта 9 свободного хода предотвращает передачу вращающего момента от маховика к валу якоря электродвигателя. Шестерня привода не выходит из зацепления с венцом маховика до тех пор, пока замкнуты контакты 1. При размыкании контактов выключателя *S* втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле подсоединяются к аккумуляторной батарее последовательно через силовые контакты.

4.1.2. Особенности работы

Электростартер получает питание от аккумуляторной батареи — автономного источника электроэнергии ограниченной мощности. Вследствие внутреннего падения напряжения в батарее напряжение на выводах электростартера не остается постоянным, а уменьшается с увеличением нагрузки и силы потребляемого тока.

Сила тока электростартеров может составлять несколько сот и даже тысяч ампер. При такой силе тока на характеристики стартерного электродвигателя большое влияние оказывает падение напряжения в стартерной сети, т.е. в стартерном проводе и массе.

Характеристики стартерных электродвигателей зависят от емкости и технического состояния аккумуляторной батареи. Семейству вольт-амперных характеристик батареи соответствует семейство рабочих и механических характеристик стартерного электродвигателя.

Режим работы стартеров повторно-кратковременный. Пусковой цикл попытки старта не должен превышать 10 и 15 с соответственно для бензиновых двигателей и дизелей. Допускается не более трех пусковых циклов подряд с перерывами между ними не менее 30 с. После охлаждения стартера до температуры окружающей среды возможен еще один пусковой цикл.

Длительное время по отношению к периоду прокручивания коленчатого вала двигателя стартер может работать в режимах полного торможения и холостого хода. Якорь стартера без повреждений должен в течение 20 с выдерживать нагрузки, возникающие при частоте вращения его вала, на 20 % превышающей частоту вращения вала якоря в режиме холостого хода.

4.1.3. Требования к электростартерам

Якорь стартера должен иметь надежный привод к коленчатому валу при пуске двигателя и автоматически отключаться от него после осуществления пуска. Конструкция стартера и зубчатая передача должны обеспечивать надежный ввод шестерни в зацепление и передачу коленчатому валу двигателя вращающего момента. Шестерня привода стартера не должна самопроизвольно входить в зацепление с венцом маховика. Муфта свободного хода привода должна защищать якорь от механических повреждений.

Тяговое реле стартера должно обеспечивать ввод шестерни в зацепление и включение стартера при снижении напряжения до 9 В для номинального напряжения $U_n = 12$ В и до 18 В для $U_n = 24$ В при температуре окружающей среды 20 ± 5 °С. Контакты тягового реле должны оставаться замкнутыми при снижении напряжения на выводах стартера до 5,4 и 10,8 В при номинальных напряжениях соответственно 12 и 24 В.

Не допускается нагружать стартер более номинальной нагрузки. Повышение температуры стартера во время пусковых циклов не должно приводить к изменениям, отрицательно влияющим на его работоспособность.

Параметром, определяющим рациональное согласование мощностной характеристики пускового устройства с пусковыми характеристиками двигателя, является передаточное число привода. При изменении передаточного числа редуктора привода меняется наклон механической характеристики стартерного электродвигателя, приведенной к коленчатому валу двигателя. С повышением передаточного числа приведенный вращающий момент увеличивается, а приведенная частота вращения вала уменьшается. Максимальное значение мощности электростартера смещается в сторону меньшей частоты вращения коленчатого вала. Для каждого типа двигателя и заданных условий пуска существуют оптимальные передаточные числа, при которых лучшим образом используются мощностные характеристики стартерного электродвигателя.

Автомобильные электростартеры должны обеспечивать номинальные параметры работы двигателя при нормальных климатических условиях:

температура окружающей среды 25 ± 10 °С;

относительная влажность 45–80 %;

давление окружающей среды 84–106 кПа.

4.2. АВТОМОБИЛЬНЫЕ И ТРАКТОРНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРЫ РАЗЛИЧНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

4.2.1. Классификация электростартеров

Электростартеры отличаются по способам управления и возбуждения, типу механизма привода, способу крепления на двигателе и степени защиты от проникновения посторонних тел и воды.

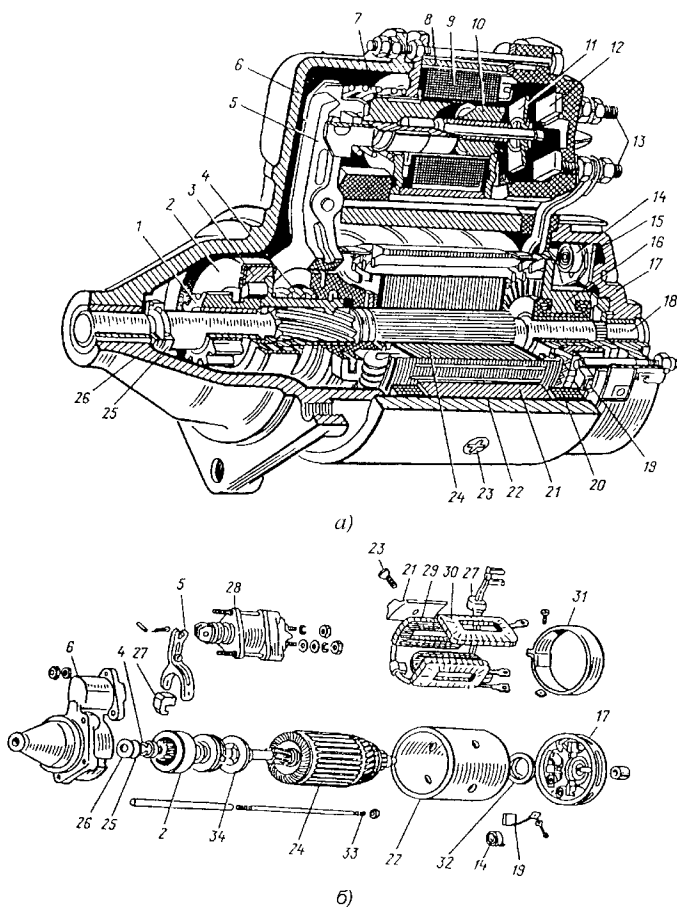


Рис. 4.3. Электростартер СТ221:

а — общий вид; *б* — узлы и детали стартера; 1 — шестерня привода; 2 — муфта свободного хода; 3 — ведущая обойма муфты свободного хода; 4 — буферная пружина; 5 — рычаг включения привода; 6, 17 крышки со стороны привода и коллектора; 7 — возвратная пружина; 8 — корпус тягового реле; 9 — обмотка тягового реле; 10 — магнитопровод тягового реле; 11 — подвижная контактная пластина; 12 — неподвижный контакт; 13 — контактные болты; 14 — щеточная пружина; 15 — щеткодержатель; 16 — коллектор; 18 — вал якоря с винтовыми шлицами; 19 — щетка; 20 — катушка обмотки возбуждения; 21 — полюс; 22 — корпус стартера; 23 — полюсный винт; 24 — якорь электродвигателя; 25 — упорное кольцо; 26 — регулировочная шайба; 27 — резиновая заглушка; 28 — тяговое реле; 29 — последовательная обмотка возбуждения; 30 — параллельная обмотка возбуждения; 31 — защитная лента; 32 — тормозной диск; 33 — стяжная шпилька; 34 — ограничитель хода шестерни

По типу и принципу работы приводных механизмов выделяют стартеры с принудительным электромеханическим перемещением шестерни привода, которые получили наибольшее распространение, и стартеры с инерционным или комбинированным приводом. Для предотвращения разноса якоря после пуска двигателя в электростартеры устанавливают роликовые, храповичные и фрикционно-храповичные муфты свободного хода.

Стартер состоит из электродвигателя постоянного тока с последовательным, смешанным возбуждением или возбуждением от постоянных магнитов, электромагнитного тягового реле и механизма привода. В стартер может быть встроен дополнительный редуктор.

Узлами и деталями электростартера с электромеханическим перемещением шестерни являются корпус 22 (рис. 4.3) с полюсами 21 и катушками 20 обмотки возбуждения, якорь 24 с обмоткой и коллектором 16, механизм привода с муфтой 2 свободного хода, шестерней 1 и буферной пружиной 4, электромагнитное тяговое реле с корпусом 8, обмоткой 9, контактными болтами 13 с контактами 12, крышка 6 со стороны привода, крышка 17 со стороны коллектора и щеточный узел с щеткодержателями 15, щетками 19 и щеточными пружинами 14.

4.2.2. Автомобильные электростартеры с роликовыми муфтами свободного хода

Автомобильные электростартеры различного конструктивного исполнения с электромагнитным возбуждением, с электромагнитным тяговым реле, обеспечивающим принудительный ввод шестерни привода в зацепление с зубчатым венцом маховика, и с роликовой муфтой свободного хода приведены на рис. 4.4–4.7.

Особенность конструкции стартера 29.3708 (см. рис. 4.4) — наличие только одной опоры в крышке 23 со стороны коллектора. В стартере применен торцовый коллектор 22 в пластмассовом корпусе. Щетки 20 к коллектору прижимаются спиральными пружинами. Тяговое электромагнитное реле закреплено на крышке 27 со стороны привода. При подаче напряжения на выводы втягивающей 12 и удерживающей 11 обмоток тягового реле его якорь 9 притягивается к магнитопроводу 13 и посредством тяги 6, рычага 5 и поводковой муфты 26 перемещает шестерню 4 с роликовой муфтой 28 свободного хода в сторону маховика двигателя. Когда шестерня полностью войдет в за-

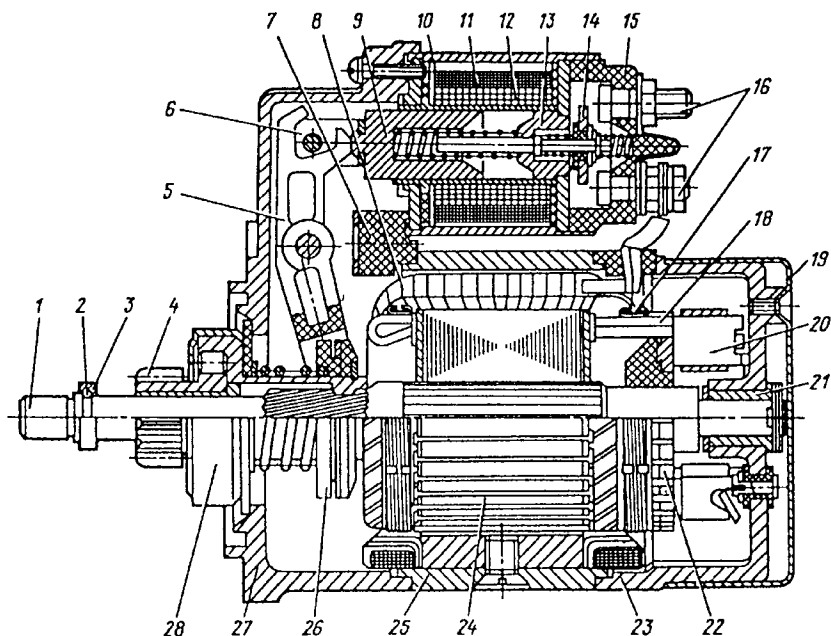


Рис. 4.4. Электростартер 29.3708 с одной опорой в крышке со стороны коллектора:

1 – вал якоря; 2 – замковое кольцо; 3 – упорное кольцо; 4 – шестерня привода; 5 – рычаг привода; 6 – тяга реле; 7 – уплотнительная заглушка; 8 – катушка обмотки возбуждения; 9 – якорь тягового реле; 10 – корпус тягового реле; 11, 12 – удерживающая и втягивающая обмотки; 13 – магнитопровод тягового реле; 14 – подвижный контакт; 15 – крышка тягового реле; 16 – контакты; 17 – бандаж лобовой части обмотки якоря; 18 – обмотка якоря; 19 – защитный кожух; 20 – щетка; 21 – вкладыш подшипника; 22 – торцевой коллектор; 23, 27 – крышки соответственно со стороны коллектора и привода; 24 – якорь электродвигателя; 25 – корпус; 26 – поводковая муфта; 28 – роликовая муфта свободного хода

цепление с зубчатым венцом маховика, подвижный контакт 14, связанный с якорем 9 реле, замкнет силовые контакты 16, подключая обмотки возбуждения и якоря стартерного электродвигателя к источнику электроснабжения.

Электростартер СТ130-АЗ (см. рис. 4.5) с цилиндрическим коллектором 22 предназначен для карбюраторных двигателей грузовых автомобилей. Электромагнитное тяговое реле установлено на корпусе стартерного электродвигателя. Электростартер имеет промежуточную опору 18 вала 19 якоря, расположенную между якорем и крышкой 11 со стороны привода.

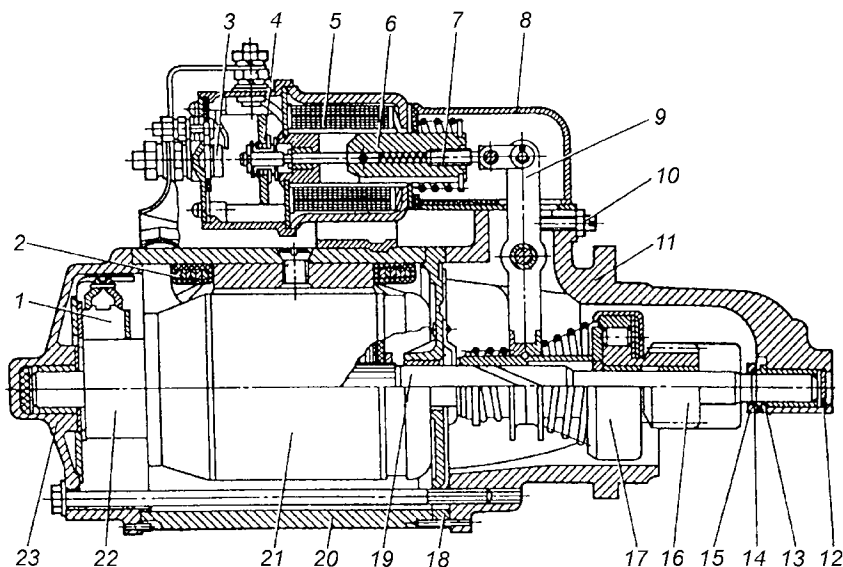


Рис. 4.5. Электростартер СТ130-А3:

1 щетка; 2 обмотка возбуждения; 3, 4 неподвижный и подвижный контакты тягового реле; 5 катушка тягового реле; 6 якорь тягового реле; 7 регулировочный винт; 8 защитный кожух рычага; 9 – рычаг; 10 – винт регулировки хода шестерни; 11, 23 крышки со стороны привода и коллектора; 12 фильц; 13 шайбы; 14, 15 замковое и упорное кольца; 16 шестерня привода; 17 муфта свободного хода; 18 промежуточная опора; 19 вал якоря; 20 корпус; 21 якорь; 22 коллектор

Электростартер СТ230-Б4 (см. рис. 4.6) устанавливается с левой стороны двигателя и крепится к картеру сцепления. Корпус б стартера выполнен без окон и имеет отверстие для вывода обмотки возбуждения, установочные прорези на торцах и конусообразную проточку, на поверхности которой расположена уплотнительная прокладка 2, прижатая защитным кожухом 1. Последовательная обмотка разделена на две параллельные ветви. Катушки возбуждения снаружи изолированы пропитанной лаком хлопчатобумажной лентой толщиной 0,25 мм и шириной 15 мм. Вал якоря вращается в трех бронзографитовых подшипниках, установленных в крышках 4 и 12 и в держателе подшипника в промежуточной опоре 10. Двухобмоточное реле 24 закреплено тремя винтами на крышке 12 со стороны привода и воздействует на привод 16 через рычаг 18.

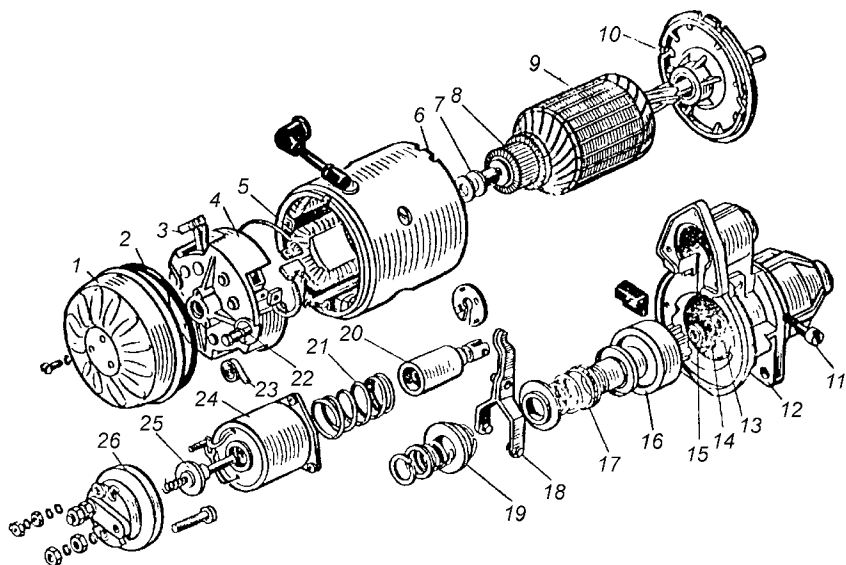


Рис. 4.6. Стартер СТ230-Б4:

1 — защитный кожух; 2 — уплотнительная прокладка; 3 — щетка; 4, 12 — крышки со стороны коллектора и привода; 5 — обмотка возбуждения; 6 — корпус; 7 — регулировочные шайбы; 8 — коллектор; 9 — якорь; 10 — промежуточная опора подшипника; 11 — ось рычага привода; 13 — уплотнительная шайба; 14, 15 — замковое и упорное кольца; 16 — привод с муфтой свободного хода; 17, 21 — буферная и возвратная пружины; 18 — рычаг привода; 19 — втулка отвода; 20 — якорь тягового реле; 22 — стяжной болт; 23 — пружина щетки; 24 — тяговое реле; 25 — контактный диск; 26 — крышка тягового реле

Стартер 421.3708 (см. рис. 4.7) последовательного возбуждения с попарно параллельным соединением катушек имеет три опоры вала якоря с бронзографитовыми подшипниками. Двухобмоточное тяговое реле 10 крепится к приливу крышки 18 со стороны привода. Во внутренней полости крышки 18 расположен механизм привода 17, состоящий из шестерни, роликовой муфты свободного хода, направляющей втулки и буферной пружины.

4.2.3. Тракторные электростартеры с роликовыми муфтами свободного хода

Тракторный стартер с торцовым коллектором имеет промежуточную опору вала якоря, прикрепленную к крышке со стороны привода.

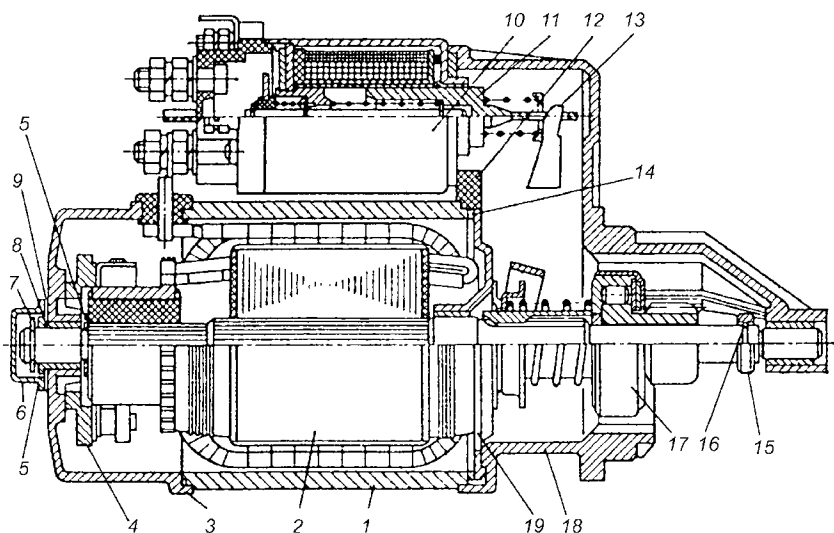


Рис. 4.7. Стартер 421.3708:

1 — корпус; 2 — якорь; 3, 18 — крышки со стороны коллектора и привода; 4 — траверса; 5 — регулировочная шайба; 6 — колпак; 7, 8 — стопорная и упорная шайбы; 9 — прокладка; 10 — тяговое реле; 11 — якорь реле с возвратной пружиной; 12 — заглушка; 13 — рычаг включения привода; 14, 15, 16 — уплотнительное, упорное и замковое кольца; 17 — механизм привода; 19 — промежуточная опора

Электростартер рассчитан на напряжение 12 В. Номинальная мощность электростартера равна 4,0 кВт.

На тракторных стартерах применяют цилиндрические сборные коллекторы (стартеры 25.3708-01, 251.3708), цилиндрические коллекторы с пластмассовым корпусом (СТ222-А, 20.3708, 201.3708, 202.3708) и торцевые коллекторы на пластмассе (СТ362-А, СТ365, СТ367-А, 24.3708, 241.3708, 242.3708 и 34.3708).

4.2.4. Автотракторные электростартеры с храповичной и фрикционно-храповичной муфтами свободного хода

Модификации электростартера СТ142 устанавливаются на автомобилях большой грузоподъемности ЗИЛ, КАМАЗ, КАЗ-4540, автобусах ЛАЗ-4221, ЛАЗ-4206, ЛАЗ-4207, ЛиАЗ-5256 (СТ142-Б1), автомобилях МАЗ (СТ142-Д), тракторах МТЗ (СТ142-Е и СТ142-К).

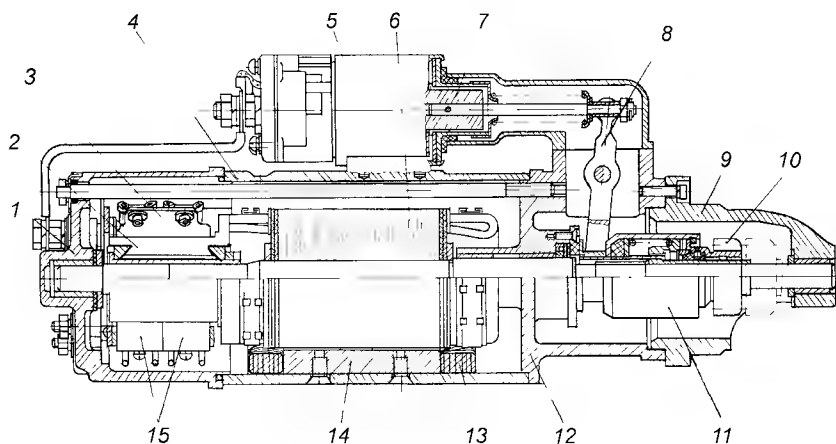


Рис. 4.8. Электростартер 25.3708:

1, 9 крышки со стороны коллектора и привода; 2 коллектор; 3 щеткодержатель; 4 корпус; 5 тяговое реле; 6, 7 якоря электродвигателя и тягового реле; 8 рычаг включения привода; 10 шестерня привода; 11 храповичная муфта свободного хода; 12 промежуточная опора; 13 катушка возбуждения; 14 полюс; 15 щетки

Стартер 25.3708 (рис. 4.8) номинальным напряжением 24 В и мощностью 8,2 кВт снабжен храповичной муфтой свободного хода 11, тяговое реле закреплено на корпусе 4. Якорь вращается в трех опорах. Цилиндрический коллектор 2 собран на металлической втулке. В каждом радиальном щеткодержателе 3 размещены по две щетки 15. Попадание в стартер и его тяговое реле грязи, воды и других посторонних тел исключается благодаря установке резинового сильфона и резиновой армированной манжеты в держателе 12 промежуточного подшипника (в промежуточной опоре). Герметизированный сильфон не должен препятствовать регулированию механизма привода.

Стартер 16.3708 (рис. 4.9) напряжением 24 В и номинальной мощностью 12 кВт имеет фрикционно-храповичный привод 16. Шестерня 19 привода расположена консольно за пределами крышки 15 со стороны привода. В подшипнике качения 17 вращается втулка шестерни 19. В подшипниках качения, установленных в крышке со стороны коллектора, вращается вал якоря. В стартере применен сборный цилиндрический коллектор 2. В каждом коробчатом щеткодержателе установлено по две щетки 3.

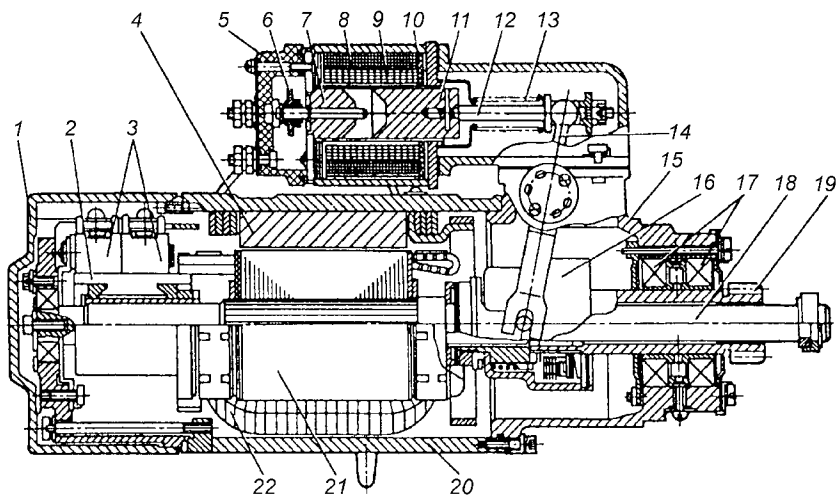


Рис. 4.9. Электростартер 16.3708 с фрикционно-храповичной муфтой свободного хода:

1 — крышка; 2 — коллектор; 3 — щетка; 4 — полюс; 5 — крышка тягового реле; 6 — контактный диск; 7 — магнитопровод электромагнита; 8, 9 — втягивающая и удерживающая обмотки; 10 — корпус тягового реле; 11 — якорь тягового реле; 12 — шток якоря реле; 13 — возвратная пружина; 14 — рычаг включения привода; 15 — крышка со стороны привода; 16 — фрикционно-храповичный привод; 17 — подшипники; 18 — вал; 19 — шестерня; 20 — корпус; 21 — якорь электродвигателя; 22 — катушка обмотки возбуждения

Стартер имеет смешанное возбуждение. Две катушки последовательной обмотки соединены между собой последовательно, а две катушки параллельной обмотки — параллельно. Ток к последовательной обмотке возбуждения и к обмотке якоря при включении стартера подводится от аккумуляторной батареи через контакты выключателя стартера и втягивающую обмотку тягового реле.

4.2.5. Стартеры с дополнительными встроенными редукторами и постоянными магнитами

Редукторы, встраиваемые в стартеры, разделяются на три основных типа: цилиндрический с внешним зацеплением, цилиндрический с внутренним зацеплением и планетарный. Редукторы выполняются одноступенчатыми с прямозубыми шестернями.

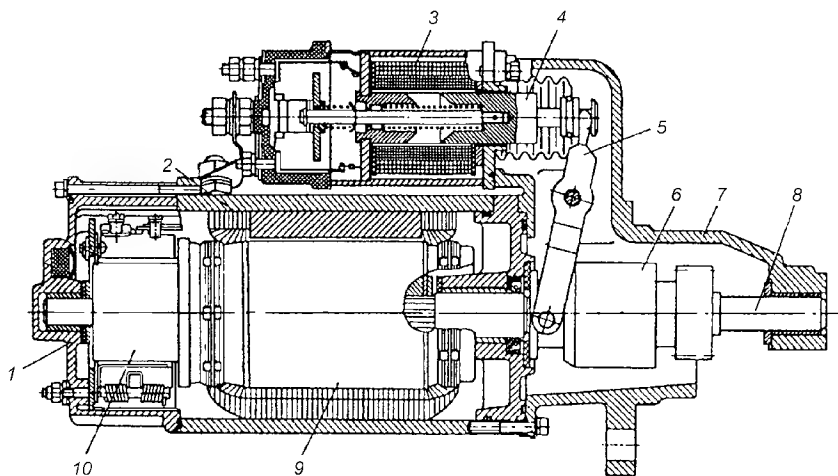


Рис. 4.10. Конструкция стартера со встроенным цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением:

1 и 7 крышки; 2 корпус редуктора; 3 обмотка; 4 тяговое реле; 5 рычаг привода; 6 привод; 8 вал; 9 якорь; 10 коллектор

Конструкция стартера с цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением приведена на рис. 4.10. Редуктор расположен в корпусе 2. Преимущество такого редуктора — технологичность изготовления его шестеренок. К недостаткам относится увеличение высоты стартера по сравнению со стартерами без редуктора из-за смещения осей стартерного двигателя и привода на 30–50 мм.

Планетарный редуктор между приводом и валом электродвигателя состоит из внешней шестерни, закрепленной в корпусе редуктора. Технология изготовления таких редукторов сложнее, но сборка проще благодаря соосности основных узлов стартера.

Внешняя шестерня изготавливается из пластмассы (полиамид 66, иногда с добавками графита) или методом порошковой металлургии. Сателлиты, прессованные из порошка, вращаются на осях в подшипниках скольжения или в игольчатых подшипниках. Последние предпочтительнее, так как обеспечивают больший КПД редуктора. Ось сателлита одновременно является внутренней обоймой игольчатого подшипника. Это предъявляет высокие требования к материалу и точности осей. Центральная зубчатая шестерня выполняется как одно целое с валом якоря или может быть съемной. Для получения минимальных механических потерь и

обеспечения высокого срока службы предъявляются повышенные требования к точности изготовления шестерен и других деталей редукторов. С той же целью применяют высококачественные смазочные материалы. Передаточное отношение редуктора обычно составляет 3–5.

Якорь стартера с редуктором имеет конструктивные особенности. Обмотка якоря пропитана компаундом, уменьшающим вероятность его разноса. В связи с повышенной частотой вращения якорь обязательно подвергается динамической балансировке. Для снижения потерь на гистерезис и вихревые токи пакет якоря собирают из пластин тонколистовой (толщина 0,5 мм) электротехнической стали.

Стартер с планетарным редуктором имеет электромагнитное возбуждение, а некоторые современные стартеры мощностью 1–2 кВт – возбуждение от постоянных магнитов. Используются постоянные магниты из феррита стронция, которые имеют повышенную коэрцитивную силу по сравнению с магнитами из феррита бария. Повышенная коэрцитивная сила увеличивает стойкость магнитов против размагничивания реакцией якоря в момент включения стартера, когда действует сила тока короткого замыкания. Для повышения стойкости к размагничиванию применяют специальную обработку сбегающего участка магнита, приводящую к дополнительному местному повышению коэрцитивной силы, увеличивают число полюсов до шести или применяют экранирование сбегающей части полюса магнитным шунтом, замыкающим часть магнитного потока якоря, и др.

Масса стартера на 30–50 % меньше массы стартеров обычной конструкции, что достигнуто за счет повышения частоты вращения вала электродвигателя в 3–5 раз. Однако встраиваемый редуктор несколько увеличивает длину по оси стартера. Для ограничения длины применяют укороченный привод, в котором функцию буферной пружины выполняет пружинный рычаг, или располагают буферную пружину в тяговом реле стартера. Кроме того, длину стартеров мощностью 2–2,5 кВт уменьшают за счет углубления ступицы крышки со стороны коллектора и размещения вкладыша вала в цилиндрической выемке в торце коллектора.

При мощности до 1 кВт редуктор в стартер встраивают редко, так как усложнение конструкции не компенсируется малым снижением металлоемкости. Стартеры такой мощности выполняются с возбуждением от постоянных ферростронциевых магнитов.

В настоящее время появились стартеры с возбуждением от постоянных магнитов высоких энергий, изготовленных на базе сплава железо—неодим—бор. Такие магниты имеют название "Магнаквенч". Стартер без редуктора с магнитами из сплава железо—неодим—бор существенно меньше по массе и объему стартера с электромагнитным возбуждением. Энергия магнитов "Магнаквенч" находится в пределах $100\text{--}290\text{ кДж/м}^3$, тогда как у магнитов из феррита стронция — $22\text{--}30\text{ кДж/м}^3$. Сплав железо—неодим—бор дорогостоящий, окисляется на воздухе, восприимчив к воздействию температуры. Для предотвращения окислирования изготавливают эпоксидно-клеенные магниты, в которых зерна сплава обволакиваются компаундом, герметически изолирующим их от воздействия окружающей среды.

Стартер 57.3708 (рис. 4.11) номинальной мощностью 1,55 кВт, устанавливаемый на автомобили ВАЗ-2110, ВАЗ-2111, ВАЗ-2112, представляет собой электродвигатель постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов. В стартер встроены планетарный редуктор. Электромагнитное тяговое реле закреплено на крышке 6 со стороны привода. Крышки 6 и 2 стянуты двумя шпильками. Вал якоря 23 вращается в двух металлокерамических вкладышах, расположенных в крышке 2 и в опоре 21. От вала якоря 23 вращение передается через планетарный редуктор, состоящий из центральной шестерни 20, шестерни 18 с внутренним зацеплением, трех планетарных шестерен 10 и водила 19. Планетарные шестерни насажены на игольчатые подшипники. Четыре постоянных магнита 22 прикреплены к корпусу стартера. Узлы и детали стартера 57.3708 показаны на рис. 4.12.

Момент инерции маховых масс можно увеличить путем применения более массивного двигателя, встроеного в стартер дополнительного редуктора или составного маховика, часть которого отключается от коленчатого вала после пуска двигателя. Но можно сделать иначе, установив дополнительную маховую массу на другом валу, связанном с коленчатым валом передачей с постоянным передаточным числом. Проще всего установить добавочный маховик на валу, присоединенном к валу стартера (рис. 4.13) через мультипликатор.

Мультипликатор состоит из вала (рис. 4.14), с которым посредством шпонки 4 жестко связана ведущая шестерня 3, входящая в зацепление с ведомой шестерней 6, жестко связанной посредством шпонки 7 с валом обогатившей шестерни 10. Шестерня 10 на-

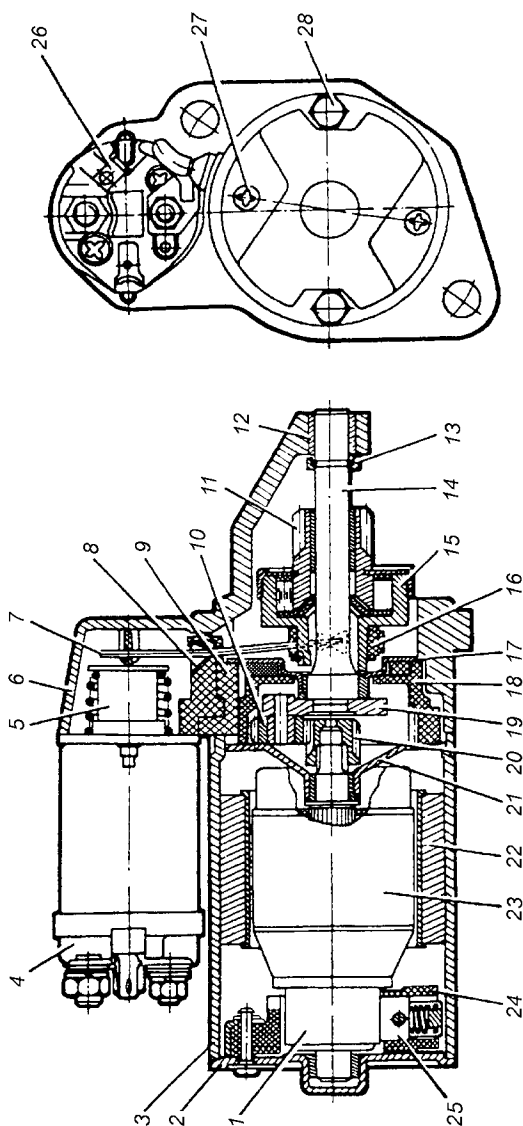


Рис. 4.11. Электростартер 57.3708:

1 — коллектор; 2 — задняя крышка; 3 — корпус стартера; 4 — тяговое реле; 5 — якорь реле; 6 — крышка со стороны привода; 7 — рычаг; 8 — кронштейн рычага; 9 — уплотнительная прокладка; 10 — планетарная шестерня; 11 — шестерня привода; 12 — вкладыш крышки; 13 — ограничительное кольцо; 14 — вал привода; 15 — обгонная муфта; 16 — кольцо отводки; 17 — опора вала с вкладышем; 18 — шестерня с внутренним зацеплением; 19 — волило; 20 — центральная шестерня; 21 — опора вала якоря; 22 — постоянный магнит; 23 — якорь; 24 — щеткодержатель; 25 — щетка; 26 — вывод "50" тягового реле; 27 — винты крепления щеткодержателя; 28 — стяжная шпилька с гайкой

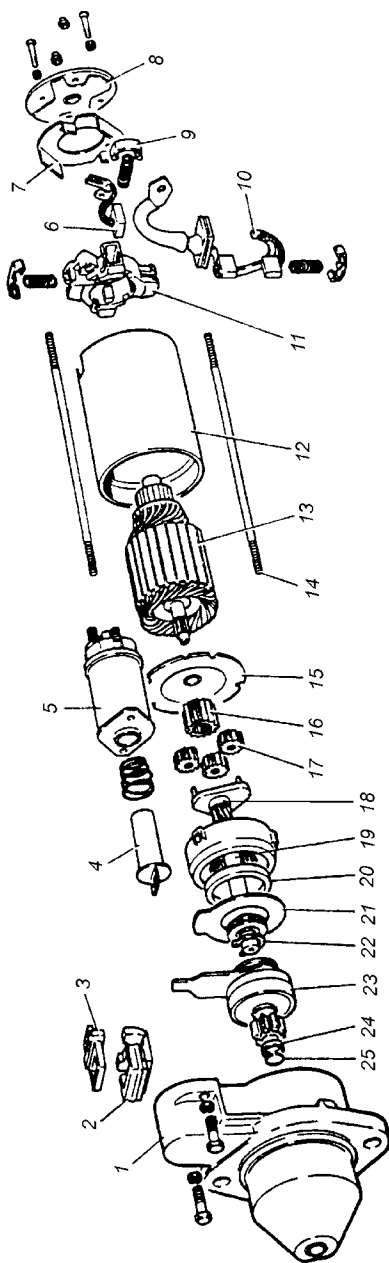


Рис. 4.12. Узлы и детали стартера 57.3708:

1 крышка со стороны привода; 2 уплотнительная прокладка; 3 кронштейн рычага; 4 якорь тягового реле; 5 тяговое реле; 6 — "минусовая" щетка; 7 — прокладка; 8 — задняя крышка; 9 — фиксатор щетки; 10 — "плюсовые" щетки в сборе с соединительной шиной; 11 статор; 12 щеткодержатель; 13 якорь; 14 шпилька; 15 опора; 16, 17 центральная и планетарная шестерни; 18 — шестерня; 19 — вал привода; 20 — уплотнительное кольцо; 21 — опора вала привода; 22, 25 — стопорные кольца; 23 — обойма; 24 — ограничительное кольцо

Рис. 4.13. Кинематическая схема стартера с мультипликатором:

1 — якорь двигателя; 2 — электростартер; 3 — муфта свободного хода; 4 — шестерня привода стартера; 5 — зубчатый венец маховика двигателя; 6 — планетарный мультипликатор; 7 — встроенный в стартер маховик

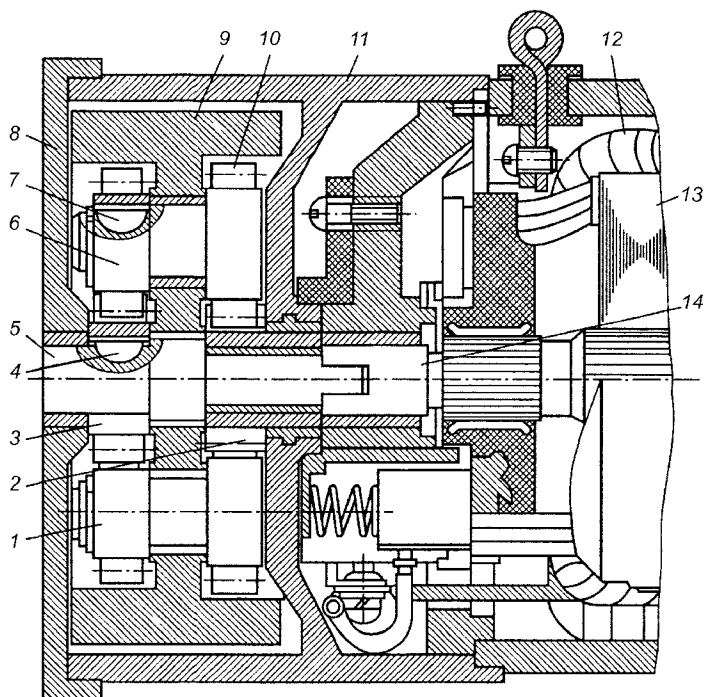
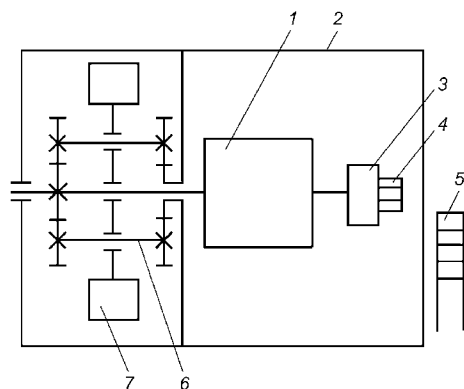


Рис. 4.14. Стартер со встроенным маховиком и мультипликатором:

1, 6 — ведомые шестерни; 2 — обгоняемая шестерня; 3 — ведущая шестерня; 4, 7 — шпонки; 5 — вал; 8 — крышка мультипликатора; 9 — маховик; 10 — обгоняющая шестерня; 11 — корпус мультипликатора; 12 — обмотка возбуждения; 13 — якорь; 14 — муфта

ходится в зацеплении с обгоняемой шестерней 2, которая неподвижно установлена в корпусе 11 мультипликатора. При движении якоря 13 стартера вращение через муфту 14 передается валу 5, далее ведомой шестерне 6 и обгоняющей шестерне 10, которая обкатывается вокруг шестерни 2 и приводит в движение маховик 9, выполняющий функцию водила в данной передаче. Маховик вращается значительно быстрее вала.

4.3. КОНСТРУКЦИЯ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРОВ

4.3.1. Корпус. Полюсы. Обмотка возбуждения

Корпус (рис. 4.15) стартера СТ142-Б изготавливают из трубы или стальной полосы с последующей сваркой стыка.

С целью улучшения герметизации корпус не имеет окон для доступа к щеткам. Длина корпуса в 1,6–2 раза больше длины пакета якоря. Толщина корпуса зависит от диаметра D_j корпуса и составля-

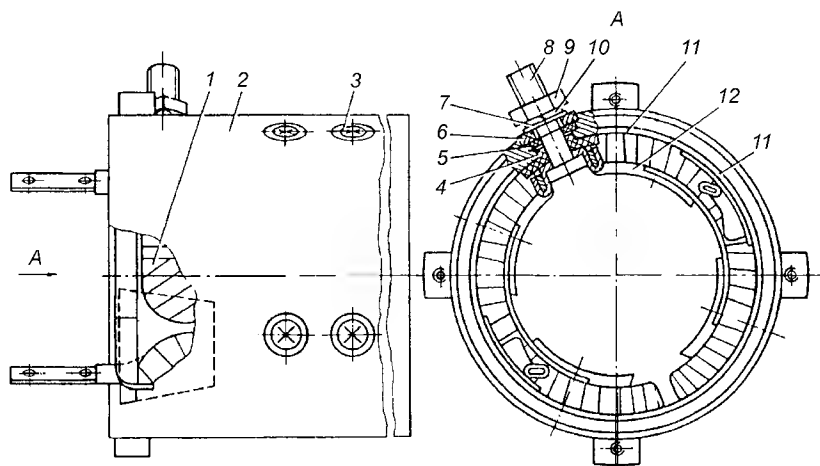


Рис. 4.15. Корпус стартера СТ142-Б в сборе:

1 — катушка; 2 — корпус; 3 — винт полюса; 4 — изоляционная втулка; 5, 6 — соответственно уплотнительная и изоляционная шайбы; 7 — шайба; 8 — выводной болт; 9 — гайка М12; 10 — пружинная шайба; 11 — изоляционный материал; 12 — полюс

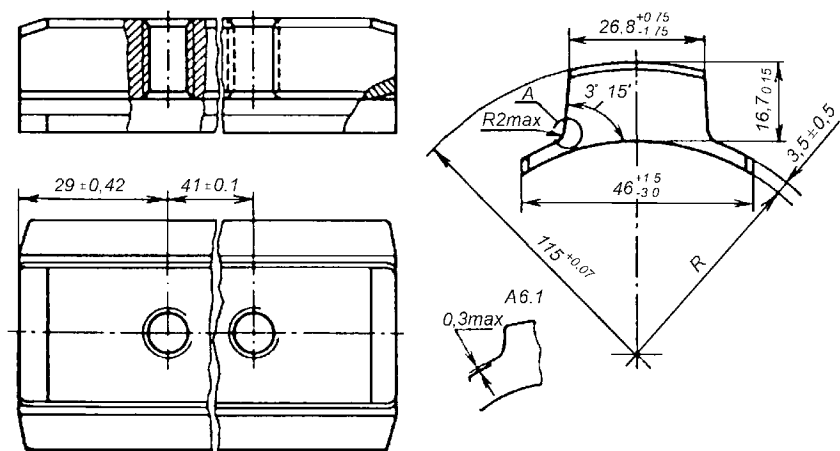


Рис. 4.16. Полюс стартера СТ142-Б

ет $(0,05-0,08)D_j$. В корпусе 2 предусмотрено отверстие для выводного болта 8 обмотки возбуждения. Корпус может иметь установочные прорези на торцах и конусообразные проточки для установки уплотнительных колец.

К корпусу 2 винтами 3 крепят полюсы 12 с катушками 1 обмотки возбуждения. Все автомобильные стартеры выполняют четырехполюсными. Катушки последовательных и параллельных обмоток возбуждения устанавливают на отдельных полюсах, поэтому число катушек равно числу полюсов.

Горячекатаные или штампованные полюсы (рис. 4.16) стартера состоят из магнитопровода, полюсных наконечников и изготавливаются из профильной стали 10.

Катушки (рис. 4.17) последовательной обмотки имеют небольшое число витков неизолированного медного провода 3 прямоугольного сечения марки ПММ. Между витками катушки прокладывают электроизоляционный картон толщиной 0,2–0,4 мм. Катушки параллельной обмотки возбуждения наматывают изолированным круглым проводом марок ПЭВ-2 и ПЭТВ. Снаружи катушки изолируют лентой из изоляционного материала (хлопчатобумажная тафтяная лента, батистовая лента Б-13). Внешняя изоляция после пропитывания лаком и просушивания имеет толщину 1–1,5 мм. Перспективно применение полимерных материалов при изолировании катушек, с помощью которых можно получить рав-

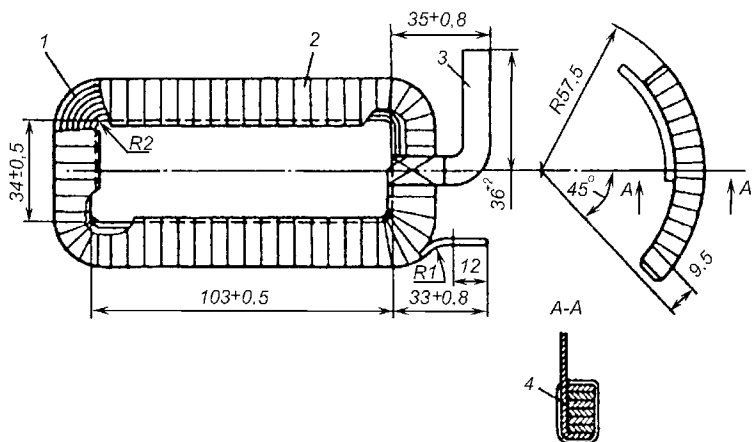


Рис. 4.17. Катушка возбуждения стартера СТ142-Б:

1 — изоляционный материал между витками; 2 — лента батиновая; 3 — провод ПММ; 4 — прокладка

номерные по толщине, стойкие к воздействию агрессивной среды и повышенной температуры покрытия.

4.3.2. Якорь

Якорь (рис. 4.18) стартера СТ142-Б представляет собой шихтованный магнитопровод, в пазы которого укладываются секции обмотки. В шихтованном магнитопроводе потери на вихревые токи меньше. Пакет якоря напрессован на вал 4, вращающийся в двух или трех опорах с бронзографитовыми подшипниками или подшипниками из порошкового материала.

Пакет якоря набирают из стальных пластин толщиной 1–1,2 мм (рис. 4.19). Крайние пластины пакета из электроизоляционного картона толщиной 2,5 мм предохраняют от повреждения изоляцию проводников в лобовых частях обмотки якоря.

В стартерных электродвигателях применяют простые волновые обмотки с одно- и двухвитковыми секциями (см. рис. 4.18, б). Одновитковые секции выполняют из неизолированного прямоугольного провода марки ПММ. Обмотки с двухвитковыми секциями наматывают круглыми изолированными проводами ПЭВ-2 и ПЭТВ.

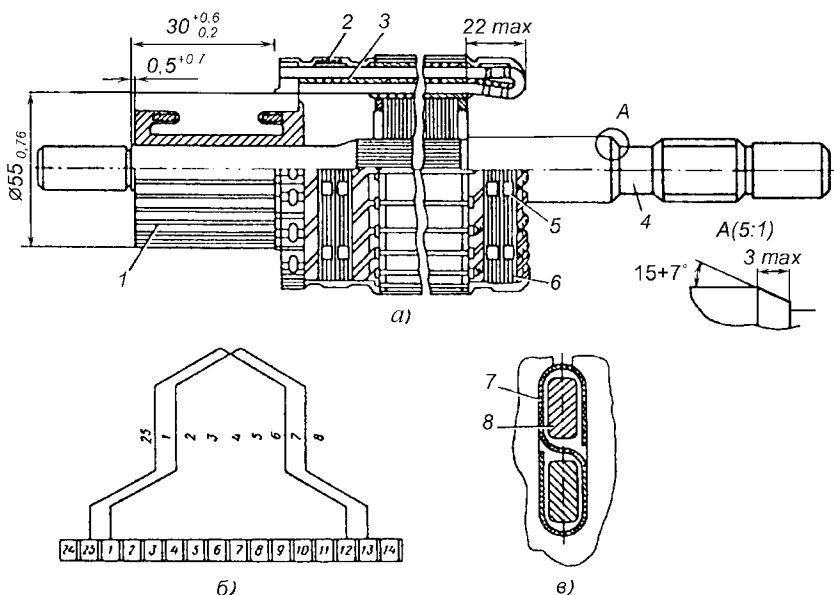


Рис. 4.18. Якорь стартера СТ142-Б:

а в сборе; *б* схема обмотки; *в* конструкция паза; 1 коллектор; 2 проволока бандажа якоря; 3 изоляционный материал; 4 вал; 5 крепежная скоба бандажа; 6 прокладка под бандаж; 7 изоляционный материал паза; 8 провод ПММ обмотки якоря

Полузакрытые или закрытые пазы якорей могут иметь прямоугольную или грушевидную форму (рис. 4.20). При прямоугольной форме пазов обеспечивается лучшее его заполнение прямоугольным проводом. В этом случае проводники в пазы укладывают в два слоя и изолируют друг от друга и от пакета якоря гильзами S-образной формы из электрокартона толщиной 0,2–0,4 мм или полимерной пленки. Пазы грушевидной формы с постоянным или переменным сечением зубца применяют в стартерах малой мощности с двухвитковыми секциями.

Концы секций обмотки якоря укладывают в прорези петушков коллекторных пластин. Конец одной секции и начало следующей секции по ходу обмотки присоединяют к одной коллекторной пластине.

На лобовые части обмотки якоря накладывают бандажи, состоящие из нескольких витков проволоки, хлопчатобумажного шнура

Рис. 4.19. Стальная пластина якоря

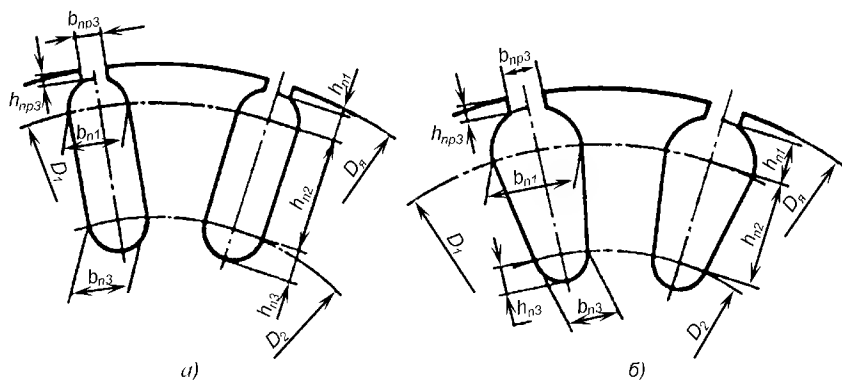
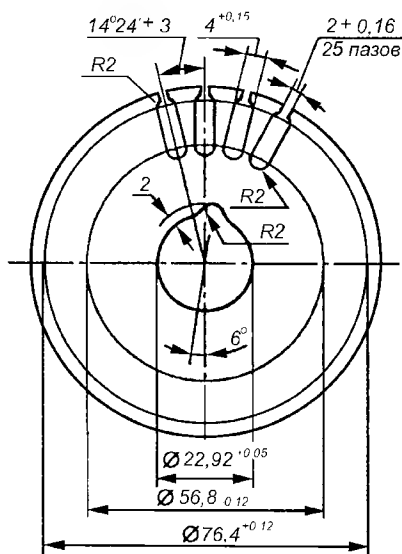


Рис. 4.20. Формы пазов якоря со скруглениями:
а — полузакрытый прямой; б — грушевидный

или стекловолокнутого материала, намотанных на прокладку из электроизоляционного картона. Бандаж из стекловолокна менее дорогостоящий, для него можно не применять крепежные скобы. Бандаж может быть изготовлен в виде алюминиевого кольца с изо-

ляционной кольцевой прокладкой из гетинакса или текстолита. Лобовые части секций изолируют друг от друга электроизоляционным картоном.

4.3.3. Коллекторы. Щетки. Щеткодержатели

В электростартерах применяют сборные цилиндрические коллекторы на металлической втулке, а также цилиндрические и торцовые коллекторы с пластмассовым корпусом.

Сборные цилиндрические коллекторы (рис. 4.21, *а*) на металлической втулке, применяемые на стартерах большой мощности, составляют из медных пластин и изолирующих прокладок из миканита, слюдинита или слюдопласта. Пластины в коллекторе закрепляют с помощью металлических нажимных колец 2 и изоляционных конусов 4 по боковым опорным поверхностям. От металлической втулки 1, которую напрессовывают на вал якоря, медные пластины изолируют миканитовой цилиндрической втулкой.

Рабочая поверхность коллектора должна иметь строго цилиндрическую форму. Монолитность конструкции и биение рабочей поверхности сборных цилиндрических коллекторов зависят от точности изготовления сопрягаемых деталей. Вследствие податливости изоляционных прокладок между пластинами первоначальная форма сборного цилиндрического коллектора в процессе эксплуатации может измениться, что приводит к усилению искрения под щетками.

В цилиндрических коллекторах с пластмассовым корпусом (рис. 4.21, *б*) пластмасса является формирующим элементом коллектора, плотно охватывает сопрягаемые поверхности независимо от конфигурации и точности изготовления коллекторных пластин, изолирует коллекторные пластины от вала и воспринимает нагрузки. В качестве пресс-материала чаще всего используется специальная пластмасса. Для повышения прочности коллектора применяют армировочные кольца из металла и пресс-материала. При небольших размерах коллектор может быть изготовлен из цельной цилиндрической заготовки, разрезаемой после опрессовки пластмассой на отдельные ламели.

Торцовые коллекторы (рис. 4.21, *в*) по сравнению с цилиндрическими имеют меньшие размеры и металлоемкость. Рабочая поверхность торцового коллектора находится в плоскости, перпендикулярной к оси вращения якоря. При изготовлении торцо-

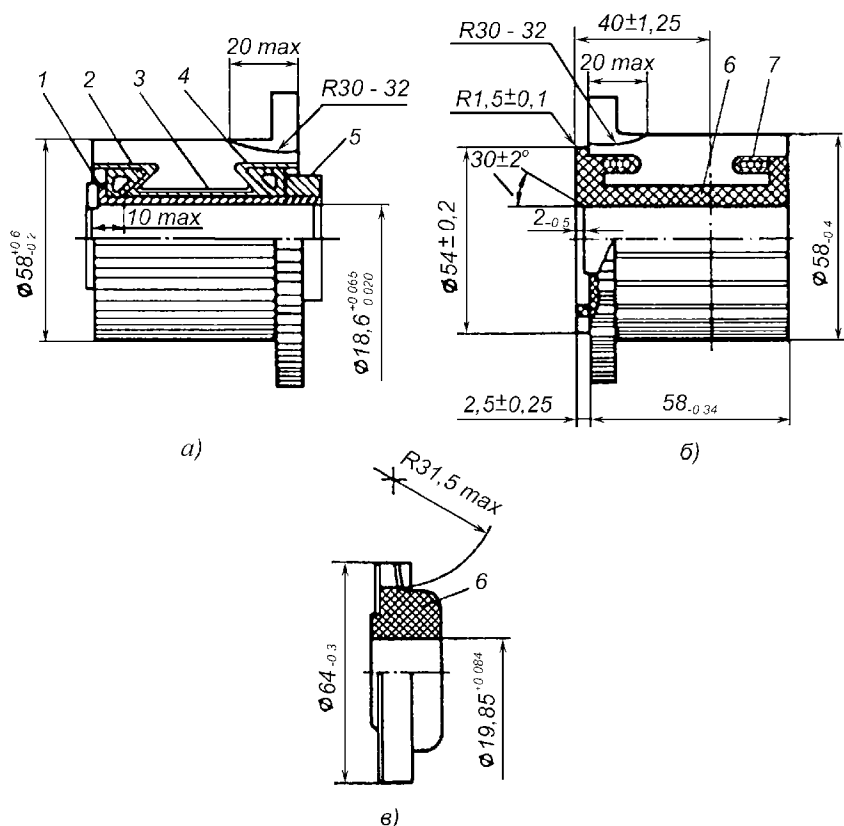


Рис. 4.21. Коллекторы электростартеров:

а — цилиндрический на металлической втулке; *б* — цилиндрический с пластмассовым корпусом; *в* — торцовый; 1 — металлическая втулка; 2 — нажимное кольцо; 3 — изоляционный материал втулки; 4 — изоляционный конус; 5 — гайка; 6 — пластмассовый корпус; 7 — армировочное кольцо

вого коллектора из медной втулки формируется пластина в виде диска с отверстием, прямоугольными пазами по числу требуемых коллекторных пластин и кольцевыми выступами. Диск со стороны выступов опрессовывается пластмассой. В пластмассовом корпусе прошивают внутреннее отверстие для напрессовки коллектора на вал.

В стартерах с цилиндрическими коллекторами щетки 4 (рис. 4.22, *а*) устанавливают в четырех коробчатых щеткодерж-

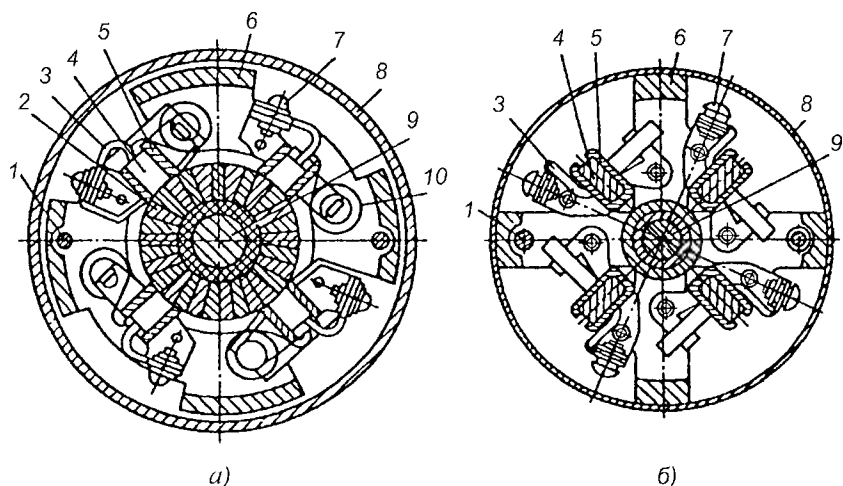


Рис. 4.22. Щеточно-коллекторные узлы стартеров:

а — СТ230-Б4 с цилиндрическим коллектором; *б* — 29.3708 с торцовым коллектором; 1 — стяжной болт; 2 — коллектор; 3 — канатик щетки; 4 — щетка; 5 — щеткодержатель; 6 — крышка со стороны коллектора; 7 — винт крепления канатика щетки; 8 — защитный кожух; 9 — вал якоря; 10 — пружина

телях 5 радиального типа, закрепленных на крышке 6 со стороны коллектора. Необходимое давление (30—120 кПа) на щетки обеспечивают спиральные пружины 10. Щеткодержатели изолированных щеток отделены от крышки прокладками из текстолита или другого изоляционного материала. В стартерах большой мощности в каждом из радиальных щеткодержателей устанавливают по две щетки.

В электростартерах с торцовыми коллекторами щетки 4 (рис. 4.22, б) размещают в пластмассовой или металлической траверсе и прижимают к рабочей поверхности коллектора витыми цилиндрическими пружинами.

Щетки имеют канатики 3 и присоединяются к щеткодержателям 5 с помощью винтов 7. Обычно щетки устанавливают на геометрической нейтрали. На некоторых стартерах для улучшения коммутации щетки смещают с геометрической нейтрали на небольшой угол против направления вращения.

Щетки в щеткодержателях должны перемещаться свободно, но без значительных боковых колебаний.

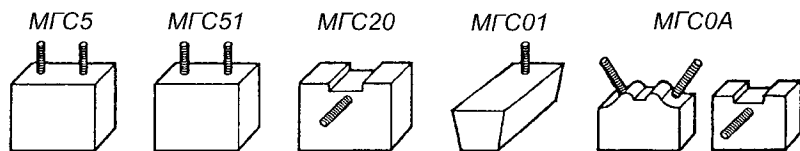


Рис. 4.23. Щетки электростартеров

В электростартерах применяют медно-графитные щетки с добавками свинца и олова (рис. 4.23). В щетках стартеров большой мощности, предназначенных для тяжелых условий эксплуатации, графита больше. Плотность $j_{щ}$ тока в щетках электростартеров находится в пределах 40–100 А/см². От допустимой плотности тока зависят размеры щеток и падение напряжения под щетками $\Delta U_{щ}$.

4.3.4. Крышки. Держатель подшипника

Крышки со стороны коллектора изготавливают методом литья из чугуна, стали, алюминиевого или цинкового сплава, а также штампуют из стали. Крышки могут иметь дисковую или колоколообразную форму. В крышках колоколообразной формы предусмотрены окна для доступа к щеткам.

Крышки со стороны привода изготавливают методом литья из алюминиевого сплава или чугуна. Конструкция крышки зависит от материала, из которого она изготовлена, типа механизма привода, способа крепления стартера на двигателе и тягового реле на стартере. Установочные фланцы крышки имеют два или большее число отверстий под болты крепления стартера. Фланцевое крепление стартера к картеру сцепления дает возможность сохранить постоянным межосевое расстояние в зубчатом зацеплении при снятии и повторной установке стартера. В крышке предусмотрено отверстие, которое позволяет шестерне привода входить в зацепление с венцом маховика.

В крышках и промежуточной опоре устанавливают подшипники скольжения. Промежуточную опору предусматривают в стартерах с диаметром корпуса 115 мм и более. Подшипники смазывают в процессе производства и при необходимости во время технического обслуживания при эксплуатации. В стартерах большой мощности бобышки подшипников имеют масленки с резервуарами для смазочного материала и смазочными фильцами.

4.3.5. Тяговые электромагнитные реле

Управляемые дистанционно тяговые реле обеспечивают ввод шестерни в зацепление с венцом маховика и подключают стартерный электродвигатель к аккумуляторной батарее. Они отличаются по способу крепления на стартере, числу обмоток, конструкции контактного устройства и форме стопа электромагнита.

На большинстве стартеров тяговое реле располагают на приливе крышки со стороны привода. С фланцем прилива крышки реле соединяют непосредственно или через дополнительные крепежные элементы.

Реле может иметь одну или две обмотки, намотанные на латунную втулку, в которой свободно перемещается стальной якорь *11* (рис. 4.24), воздействующий на шток *15* с подвижным контактным диском *4*. Два неподвижных контакта в виде контактных болтов *21* закрепляют в пластмассовой крышке *2*.

В двухобмоточном реле удерживающая обмотка *13*, рассчитанная только на удержание якоря *11* реле в притянутом к магнитопроводу *16* состоянии, намотана проводом меньшего сечения и имеет прямой выход на массу. Втягивающая обмотка *14* подключена параллельно контактам реле. При включении реле она действует согласованно с удерживающей обмоткой и создает необходимую силу притяжения, когда зазор между якорем *11* и магнитопроводом *16* максимален. Во время работы стартерного электродвигателя замкнутые контакты тягового реле шунтируют втягивающую обмотку и выключают ее из работы.

Контактные системы могут быть разделенной или неразделенной конструкции. При неразделенной контактной системе подвижный контакт имеет пружину *7*. Перемещение подвижного контактного диска в исходное нерабочее положение обеспечивает возвратная пружина *9*. В разделенной контактной системе подвижная контактная пластина *10* (рис. 4.25) не связана жестко с якорем *13* реле.

Контактную пластину круглой, фасонной или прямоугольной формы устанавливают между изоляционной втулкой и шайбой на штоке. Это обеспечивает надежное соединение контактов реле в случае возможного перекоса пластины при ее перемещении вдоль оси штока за счет сжатия пружин контактной системы.

Тяговое реле рычагом связано с механизмом привода, расположенным на шлицевой части вала. Рычаг воздействует на привод через

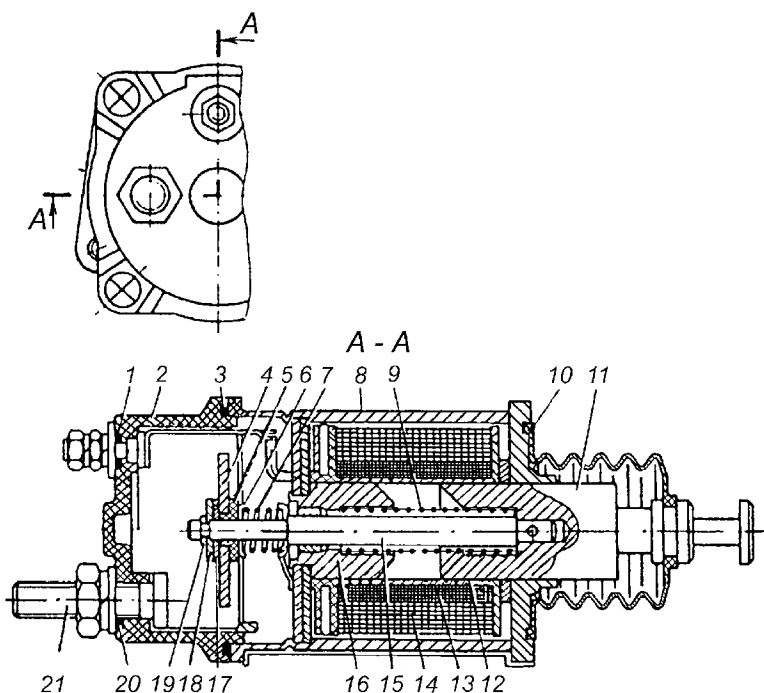


Рис. 4.24. Тяговое реле стартера СТ142-Б с неразделенной контактной системой:
 1, 20 резиновые уплотнительные шайбы; 2 – крышка реле (полиамид ПА66-КС); 3 – резиновое уплотнительное кольцо; 4 – контактный диск; 5 – изоляционная втулка (полиамид ПА66-КС); 6 – чашка (лента 08кп); 7, 9 – пружины; 8 – корпус реле; 10 – резиновый сильфон; 11 – якорь реле (сталь 10); 12 – каркас катушки; 13, 14 – удерживающая и втягивающая обмотки соответственно; 15 – стальной шток; 16 – магнитопровод реле (сталь 10); 17 – изоляционная шайба (полиамид ПА66-КС); 18 – шайба; 19 – скоба (лента 08кп); 21 – контактный болт (проволока МТ)

поводковую муфту. Его выполняют из полимерного материала или делают составным из двух штампованных стальных частей, которые соединяют клепкой или сваркой.

Схемы работы двухобмоточного тягового электромагнитного реле стартера приведены на рис. 4.26. Под действием намагничивающей силы двух обмоток $L1$ и $L2$ якорь тягового реле (рис. 4.26, а) втягивается в электромагнит, с помощью рычажного механизма вводит шестерню привода в зацепление с венцом маховика и в конце хода, замыкая силовые контакты $K1:1$ тягового реле, включает цепь электропитания стартерного электродвигателя. Одновременно подвижный

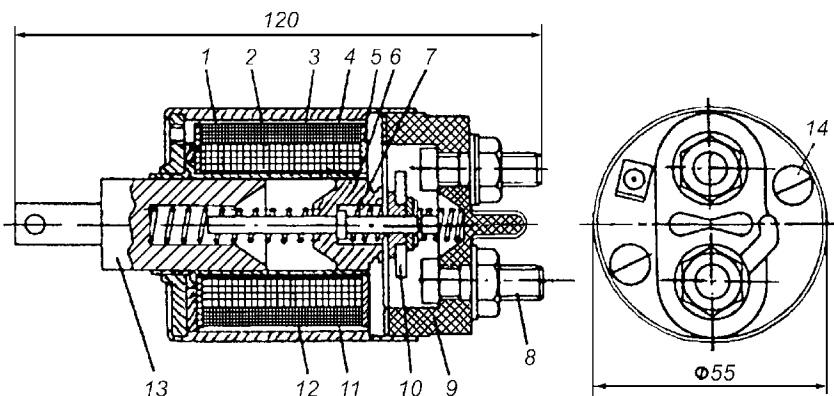


Рис. 4.25. Тяговое реле стартера 29.3708 с разделенной контактной системой:

1 — шток; 2, 3 — вытягивающая и удерживающая обмотки соответственно; 4 — втулка; 5 — каркас катушки; 6 — магнитопровод реле; 7, 12 — пружины; 8 — контактный болт; 9 — крышка реле; 10 — контактная пластина; 11 — корпус; 13 — якорь реле; 14 — винт

контактный диск замыкает накоротко вытягивающую обмотку L_2 (рис. 4.26, б) тягового реле.

Контакты тягового реле замыкаются раньше, чем шестерня привода полностью (до упора на валу якоря) войдет в зацепление. Однако как только якорь начинает вращаться и привод начинает передавать вращающий момент коленчатому валу двигателя, в винтовых шлицах вала и шлицевой втулке муфты свободного хода возникает осевое усилие, которое перемещает шестерню до упора и удерживает ее во включенном состоянии до тех пор, пока она является ведущей. В тех случаях, когда шестерня упирается в венцы маховика, якорь реле, сжимая буферную пружину, продолжает двигаться и замыкает силовые контакты реле. Якорь стартера вместе с приводом начинает вра-

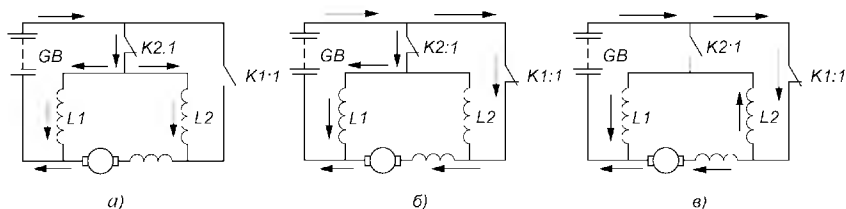


Рис. 4.26. Схема работы двухобмоточного тягового реле стартера:

а включение; б замыкание силовых контактов; в выключение

шаться, и шестерня под действием буферной пружины и осевого усилия в винтовых шлицах входит в зацепление, как только зуб шестерни установится против впадины зубчатого венца маховика. Применение винтовых шлицев в сопряжении вал якоря — направляющая втулка привода позволяет уменьшить усилие притяжения и ход якоря электромагнита, что способствует снижению габаритных размеров, массы тягового реле и, следовательно, стартера в целом.

Шлицевое соединение вала якоря с приводом облегчает выход шестерни из зацепления. При работе двигателя маховик вращает шестерню. Направление осевого усилия в шлицах меняется и шестерня отжимается от маховика. Однако осевого усилия в шлицах недостаточно для преодоления силы притяжения электромагнита тягового реле, поэтому шестерня остается в зацеплении до тех пор, пока водитель не отключит дополнительное реле с контактами $K2:1$ от источника электроснабжения.

При размыкании контактов $K2:1$ (рис. 4.26, в) дополнительного реле на втягивающую и удерживающую обмотки поступает ток через замкнутые еще контакты $K1:1$ тягового реле, но в отличие от схемы, приведенной на рис. 4.26, а, обмотки оказываются включенными последовательно, причем направление тока в витках удерживающей обмотки $L1$ сохраняется прежним, а направление в витках втягивающей обмотки $L2$ меняется. Поскольку число витков в обеих обмотках одинаково и по ним протекает ток одинаковой силы, то, действуя встречно, эти обмотки создают два равных, но противоположно направленных магнитных потока. Магнитопровод электромагнита размагничивается, возвратная пружина выдвигает якорь из электромагнита, силовые контакты реле размыкаются. Возвратная пружина не только возвращает якорь тягового реле в исходное состояние, но и, воздействуя на рычаг включения привода, способствует выходу шестерни из зацепления с венцом маховика.

В рассмотренных схемах управления после пуска двигателя необходимо немедленно выключать стартер, так как при длительном вращении ведомой обоймы с шестерней привода возможно заклинивание муфты свободного хода и повреждение якоря. Включение стартера при работе двигателя может привести к повреждению зубьев шестерни и венца маховика или отказу муфты свободного хода механизма привода.

4.3.6. Механизмы привода

Наибольшее распространение в электростартерах получили бесшумные в работе и технологичные роликовые муфты свободного

хода, способные при небольших размерах передавать значительные вращающие моменты. Роликовые муфты малочувствительны к загрязнению, не требуют технического обслуживания и регулирования в эксплуатации.

При включении стартерного электродвигателя наружная ведущая обойма 12 (рис. 4.27) муфты свободного хода вместе с якорем поворачивается относительно неподвижной еще ведомой обоймы 17. Ролики 3 под действием прижимных пружин 1 и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиновидного пространства, и муфта заклинивается. Вращение от вала якоря через шлицевую втулку 10 передается ведущей обойме 12 муфты.

Для обеспечения надежного заклинивания муфты свободного хода применяют индивидуальные и групповые прижимные устройства для роликов. К индивидуальным относятся прижимные устройства с пружинами, осуществляющими нажатие на ролики 3 непосредственно через индивидуальные плунжеры или толкатели 2 Г-образной формы. В муфтах свободного хода с групповыми прижимными устройствами число прижимных пружин меньше числа роликов, а заклинивание роликов между обоймами осуществляется при помощи сепараторов.

Заклинивание роликов в муфтах свободного хода с бесплунжерными прижимными устройствами происходит за счет перемещения толкателей или сепаратора с пазами, в которых размещены ролики. В муфтах с индивидуальными прижимными устройствами витые цилиндрические пружины одним концом упираются в выступы толкателей 2, а другим в отогнутые лепестки держателя пружин, соединенного с ведущей обоймой 12. Сепараторное прижимное устройство сложнее по конструкции, однако позволяет увеличить число роликов, способствует равномерному распределению нагрузки на ролики и тем самым повышает нагрузочную способность муфты свободного хода. Благодаря отсутствию отверстий под плунжеры в бесплунжерных муфтах свободного хода повышается прочность обоймы.

Механизм привода стартера с храповичной муфтой свободного хода обеспечивает более полное разъединение вала электродвигателя и коленчатого вала двигателя при значительно меньших нагрузках на силовые элементы муфты. Храповичная муфта (рис. 4.28) состоит из корпуса 11, ведущего 8 и ведомого 6 храповиков, шестерни 2 привода, пружины 10, шлицевой направляющей втулки 12 и центробежного механизма с конической втулкой 7, текстолитовыми сегментами (су-

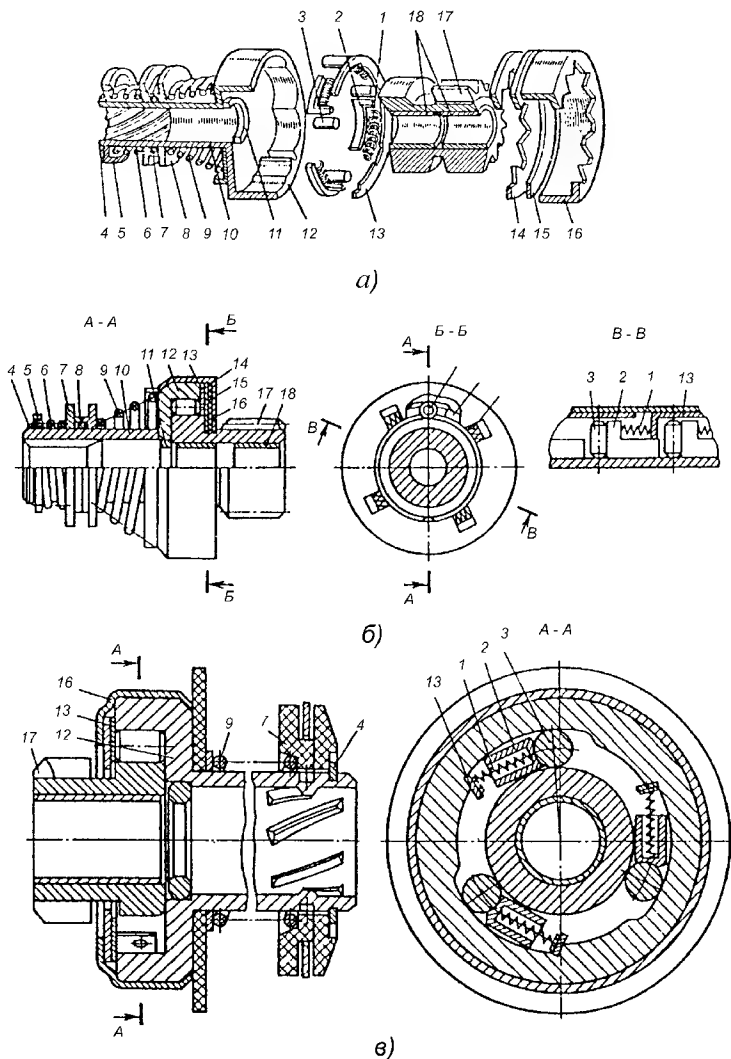


Рис. 4.27. Приводные механизмы с роликовыми муфтами свободного хода электро-стартеров:

а, б – СТ230-Б; *в* – 29.3708; 1 – прижимная пружина; 2 – толкатель; 3 – ролик; 4 – замковое кольцо; 5 – опорная чашка; 6 – пружина; 7, 8 – поводковые муфты; 9 – буферная пружина; 10 – шлицевая втулка; 11 – центрирующее кольцо; 12 – наружная ведущая обойма; 13 – держатель пружин; 14 – специальная шайба; 15 – войлочный уплотнитель; 16 – кожух муфты; 17 – ведомая обойма с шестерней; 18 – втулки

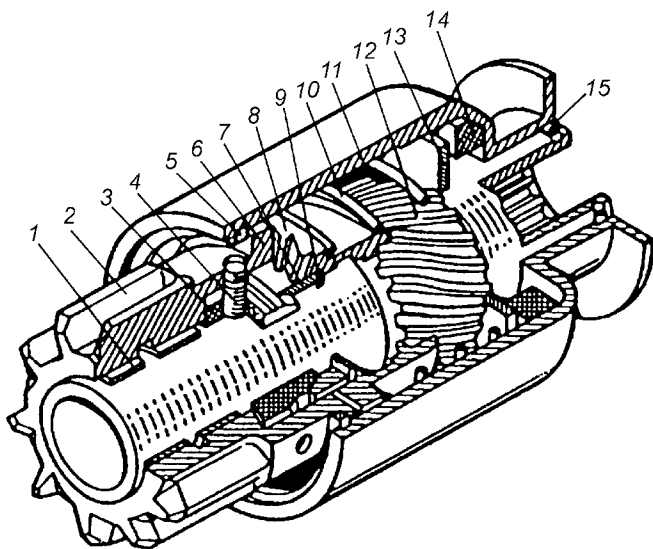


Рис. 4.28. Храповичная муфта свободного хода:

1 – вкладыш; 2 – шестерня; 3 – сегмент (сухарик); 4 – направляющий штифт; 5 и 15 – замковые кольца; 6, 8 – ведомый и ведущий храповики; 7 – коническая втулка; 9 и 13 – шайба; 10 – пружина; 11 – корпус муфты; 12 – шлицевая направляющая втулка; 14 – буферное резиновое кольцо

хараками) 3 и направляющими штифтами 4 для разъединения ведущего и ведомого храповиков.

При подключении обмотки тягового реле к источнику питания его якорь через рычаг привода и корпус 11 муфты перемещает направляющую втулку 12 вместе с храповиками 6 и 8 по шлицам вала и вводит шестерню 2 в зацепление с венцом маховика до упора в шайбу на валу якоря. В конце хода шестерни замыкаются силовые контакты тягового реле, вал якоря приводится во вращение, а вращающий момент через шлицевую втулку 12, ведущий 8 и ведомый 6 храповики передается шестерне 2 и далее венцу маховика. При передаче вращающего момента в винтовых шлицах втулки 12 и ведущего храповика 8 возникает осевое усилие, которое воспринимается буферным резиновым кольцом 14.

Если шестерня привода упирается в венец маховика, сжимается пружина 10 и ведущий храповик 8, перемещаясь по винтовым шлицам втулки 12, своими торцовыми зубьями поворачивает ведомый храповик и шестерню на угол, обеспечивающий ввод шестерни в зацепление и замыкание контактов тягового реле.

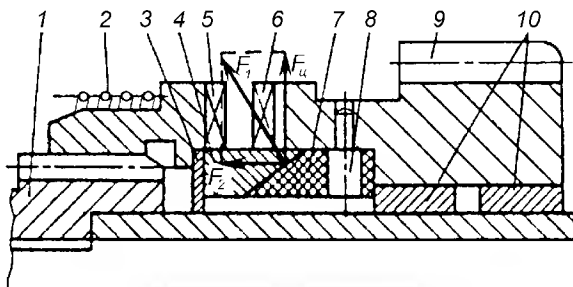


Рис. 4.29. Центральный механизм храповичного привода и схема сил, действующих на его детали:

1 – шлицевая направляющая втулка; 2 – пружина; 3 – шайба; 4 – коническая втулка; 5, 6 – ведущий и ведомый храповики; 7 – сегмент; 8 – направляющий штифт; 9 – шестерня; 10 – вкладыш

После пуска двигателя частота вращения шестерни и ведомого храповика становится больше частоты вращения вала якоря и направляющей втулки 12, поэтому ведущий храповик, сжимая пружину 10, перемещается по винтовым шлицам втулки, отходит от ведомого храповика и шестерня привода вращается "вхолостую". Коническая втулка 4 (рис. 4.29) отодвигается вместе с ведущим храповиком и освобождает текстолитовые сегменты 7, соединенные с быстровращающимся ведомым храповиком 6 направляющими штифтами 8. Под действием центробежных сил $F_{ц}$ сегменты перемещаются в радиальном направлении вдоль штифтов, занимают крайнее верхнее положение и блокируют муфту в расцепленном состоянии, предохраняя зубья храповиков от повреждения и изнашивания. В этом состоянии храповичный механизм будет находиться до тех пор, пока осевая составляющая F_2 силы F_1 , действующей на коническую втулку 4, превышает усилие пружины.

Шестерня привода выходит из зацепления с венцом маховика только после выключения тягового реле стартера. Во время отдельных вспышек в цилиндрах шестерня остается в зацеплении, что позволяет стартеру вращать коленчатый вал до тех пор, пока двигатель не сможет работать самостоятельно.

Преимуществами храповичной муфты свободного хода по сравнению с роликовыми муфтами являются высокая прочность, ремонтпригодность и возможность передачи большого вращающего момента при сравнительно небольших габаритных размерах.

Комбинированный привод (рис. 4.30) электростартера обеспечивает принудительное включение и самовыключение шестерни. Он при-

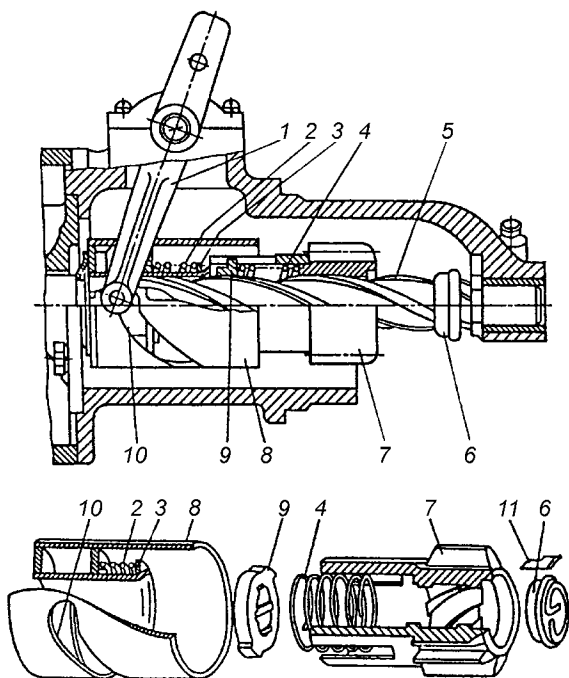


Рис. 4.30. Комбинированный привод электростартера:

1 рычаг включения привода; 2 пружина; 3 шайба; 4 пружина; 5 вал якоря с четырехзаходной резьбой; 6 упорное кольцо; 7 шестерня; 8 стакан; 9 ведущая гайка; 10 винтовой паз стакана; 11 сухарик

меняется на мощных стартерах типа СТ103 напряжением 24 В. При включении стартера рычаг 1 при помощи пальца, расположенного в лунке винтового паза 10, перемещает стакан 8 в сторону маховика двигателя. Втулка стакана упирается в ведущую гайку 9 и передвигает ее вместе с шестерней 7 по резьбе вала 5 до ввода шестерни в зацепление. Окружной зазор в шлицевом соединении шестерни и вала допускает поворот шестерни относительно вала на один зуб. Если зубья шестерни упрутся в венец маховика, ведущая гайка 9 продолжает двигаться, сжимая пружину 4. За счет усилия в шлицах гайка поворачивает шестерню до тех пор, пока она не войдет в зацепление. В конце хода рычага 1 замыкается цепь питания стартерного электродвигателя. Вращающий момент через шлицы вала 5, гайку 9 и шестерню 7 передается коленчатому валу двигателя. Стакан 8 поворачивается одновременно с валом якоря и благодаря наличию винтового паза 10 возвращается в

исходное положение, освобождая место для выхода шестерни из зацепления после пуска двигателя, когда шестерня вращается маховиком и направление усилия в шлицевом соединении меняется на противоположное. Буферная пружина 2 смягчает удар при выходе шестерни из зацепления. Ход шестерни ограничивается упорным кольцом 6, которое закреплено на валу якоря посредством сухарика 11.

4.4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРОВ

Свойства электростартеров оценивают по рабочим и механическим характеристикам. Рабочие характеристики представляют в виде зависимостей напряжения на зажимах стартера $U_{\text{ст}}$, полезной мощности P_2 на валу, полезного вращающего момента M_2 , частоты вращения якоря $n_{\text{я}}$ и КПД стартерного электродвигателя $\eta_{\text{ст}}$ от силы тока якоря $I_{\text{я}}$ (рис. 4.31).

При вращении якоря в его обмотке индуцируется ЭДС, которая вычисляется по формуле:

$$E_{\text{я}} = c_e n_{\text{я}} \Phi,$$

где c_e — постоянная электрической машины, не зависящая от режима ее работы; Φ — магнитный поток, проходящий через воздушный зазор и якорь электродвигателя.

При электроснабжении стартера от аккумуляторной батареи ЭДС определяется таким образом:

$$E_{\text{я}} = U_{\text{н}} - \Delta U_{\text{ш}} - I_{\text{я}} R_{\Sigma} = U_{\text{н}} - \Delta U_{\text{ш}} - I_{\text{я}} (R_{\text{б}} + R_{\text{пр}} + R_{\text{я}} + R_{\text{ст}}),$$

где $U_{\text{н}}$ — номинальное напряжение аккумуляторной батареи; $\Delta U_{\text{ш}}$ — падение напряжения в контактах щетки—коллектор; R_{Σ} — суммарное сопротивление цепи якоря; $R_{\text{пр}}$ — сопротивление стартерной сети; $R_{\text{б}}$ — сопротивление аккумуляторной батареи; $R_{\text{я}}$ — сопротивление обмотки якоря электростартера; $R_{\text{ст}}$ — сопротивление последовательной обмотки возбуждения электростартера.

С уменьшением нагрузки электродвигателя с последовательным возбуждением магнитный поток Φ падает, а $n_{\text{я}}$ быстро возрастает до значения $n_{\text{я0}}$, соответствующего силе тока холостого хода $I_{\text{я0}}$. В стартерах смешанного возбуждения частота вращения в режиме холостого хода ограничивается магнитным потоком параллельной обмотки возбуждения. При уменьшении нагрузки магнитный поток, создаваемый последовательной обмоткой, стремится к нулю, тогда как намагничивающая сила параллельной обмотки и создаваемый ею магнитный поток даже немного увеличиваются.

Электромагнитный вращающий момент рассчитывается по формуле:

$$M = c_m I_{\text{я}} \Phi,$$

где c_m — постоянная электрической машины.

В электродвигателях с последовательным возбуждением через обмотку возбуждения проходит полностью ток якоря силой $I_{\text{я}}$, поэтому магнитный поток возрастает с увеличением нагрузки стартера. При одинаковых номинальных параметрах электродвигателей с параллельным и последовательным возбуждением последние развивают большие полезные моменты $M_{2\text{к}}$ в режиме полного торможения. Это улучшает их тяговые свойства, облегчает трогание системы стартер—двигатель с места и раскручивание коленчатого вала при пуске двигателя в условиях низких температур.

Подводимая к стартеру мощность, исключая электрические потери, преобразуется в электромагнитную мощность. Электромагнитная или полная механическая мощность P , меньшая подводимой к стартеру мощности P_1 на величину электрических потерь,

$$P = \pi n_{\text{я}} M / 30 = E_{\text{я}} I_{\text{я}}.$$

Максимальная электромагнитная мощность вычисляется из выражения:

$$P_m = \frac{(U_{\text{н}} - \Delta U_{\text{ш}})^2}{4R_{\text{я}\Sigma}}.$$

Зависимость электромагнитной мощности от силы тока представляет собой симметричную параболу с максимальным значением при силе тока I_m , равной половине силы тока $I_{\text{к}}$ полного торможения.

Полезная мощность P_2 на валу электродвигателя меньше электромагнитной на величину суммы ΔP_m механических потерь в подшипниках, в щеточно-коллекторном узле и магнитных потерь в пакете якоря.

Полезный вращающий момент на валу электродвигателя

$$M_2 = \frac{30P_2}{\pi n_{\text{я}}}.$$

Сила тока, потребляемого электродвигателем со смешанным возбуждением, определяется по формуле:

$$I = I_{\text{я}} + I_s,$$

где $I_s = U_{\text{ст}}/R_s$ — сила тока в параллельной обмотке возбуждения; R_s — сопротивление параллельной обмотки возбуждения.

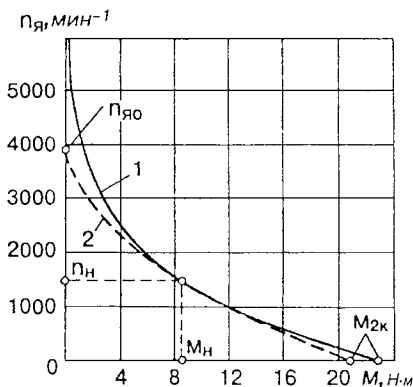


Рис. 4.32. Механические характеристики starterных электродвигателей: 1, 2 — соответственно с последовательным и смешанным возбуждением

Подводимая к starterному электродвигателю мощность равна

$$P_1 = U_{ст} I.$$

КПД starterного электродвигателя вычисляется по формуле:

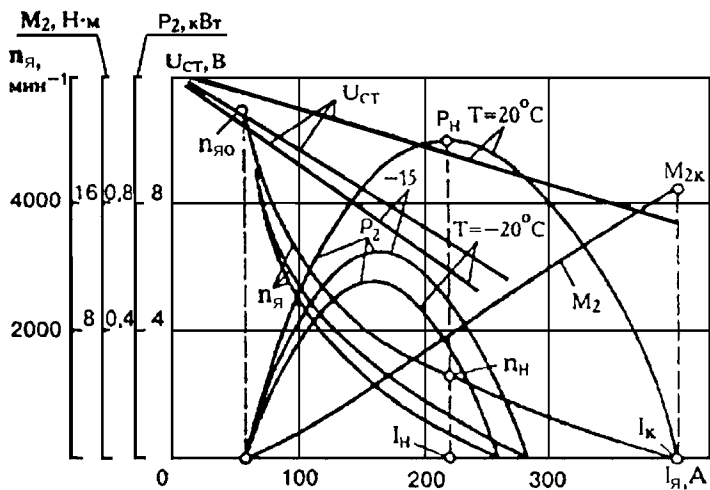
$$\eta_{ст} = \frac{P_2}{P_1}.$$

Механические характеристики электростартеров обычно представляют в виде зависимости частоты вращения якоря $n_{я}$ от вращающего момента M_2 (рис. 4.32).

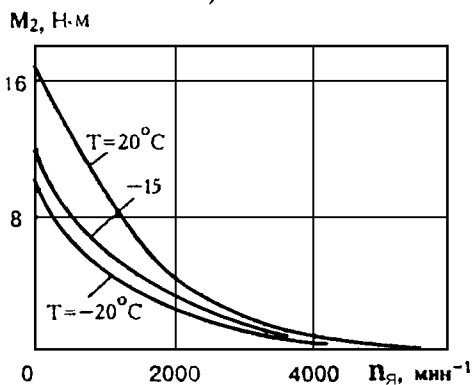
При снижении напряжения на выводах аккумуляторной батареи и starterа с понижением температуры или увеличением сопротивления starterной сети (starterный провод и масса) при той же силе тока $I_{я}$ ЭДС $E_{я}$, частота вращения $n_{я}$ и мощность P_2 электродвигателя уменьшаются (рис. 4.33, а). При той же частоте вращения $n_{я}$ уменьшается вращающий момент M_2 (рис. 4.33, б).

Номинальной считают наибольшую полезную мощность P_H в кратковременном режиме работы при электроснабжении от аккумуляторной батареи максимально допустимой емкости, установленной в технических условиях на starter, при степени заряженности батареи 100 %, температуре электролита $+20^\circ\text{C}$, при первой попытке пуска двигателя, без учета падения напряжения в starterной сети. Номинальной мощности соответствуют сила тока I_H , частота вращения n_H и вращающий момент M_H .

Напряжение на выводах starterного электродвигателя при определении номинальной мощности рассчитывается по формуле:



а)



б)

Рис. 4.33. Характеристики стартерных электродвигателей при различных температурах: а – рабочие; б – механические

$$U_{\text{ст}} = U_{\text{н}} \left(1 - a_6 \frac{I_{\text{я}}}{C_{20}} \right),$$

где a_6 – коэффициент, принимаемый равным 0,05 для батарей емкостью $C_{20} < 100$ А·ч, а также 0,038 и 0,046 соответственно для батарей 6СТ-55ЭМ и 6СТ-190ТР.

4.5. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРАМИ

4.5.1. Схемы управления автомобильными электростартерами

Схемы внутренних соединений электростартеров с последовательным и смешанным возбуждением с использованием одно- и двухобмоточных тяговых реле приведены на рис. 4.34.

Однообмоточное тяговое реле подключается к аккумуляторной батарее *GB* (рис. 4.35, *a*) посредством ключа выключателя зажигания 2 с контактами *S1* в фиксированное положение "Стартер". Якорь тягового реле втягивается в электромагнит, с помощью рычажного механизма

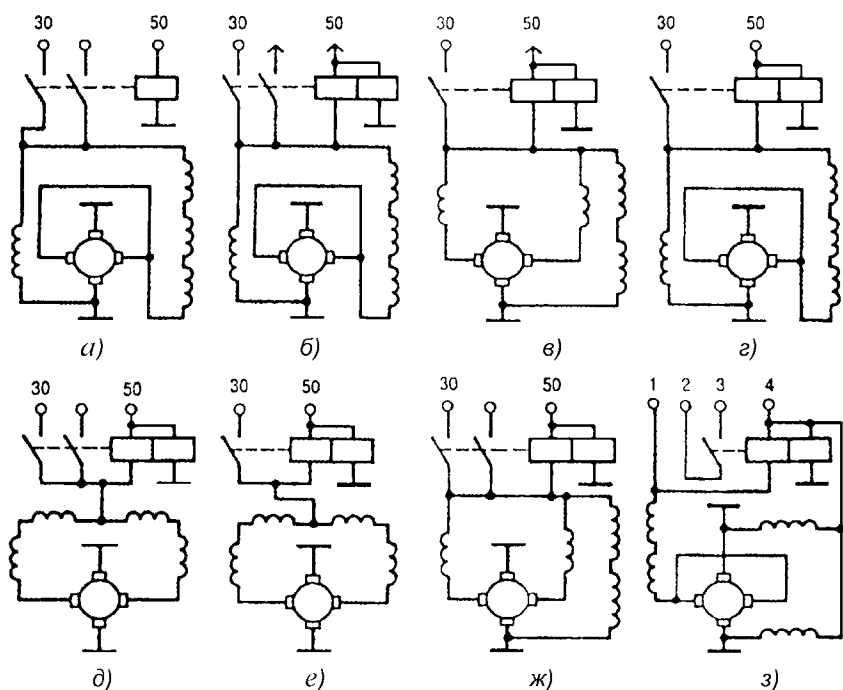


Рис. 4.34. Электрические схемы внутренних соединительных электростартеров:
a СТ368; *б* 40.3708; 26.3708; СТ4-А1; *в* СТ221; *г* 29.3708; 35.3708; *д* 42.3708; 421.3708; СТ230-Б3; СТ230-К1; *е* — СТ230-А1; СТ230-Б1; СТ230-И; СТ402; СТ402-А; СТ402-Б; 25.3708; 25.3708-01; СТ142-Б; 30.3708; *ж* СТ2-А, СТ130-А3; *з* 16.3708; 1 — к силовым контактам контактора КТ130; 2 — к положительному выводу аккумуляторной батареи; 3 — к обмотке контактора КТ130; 4 — контактам контактора КТ127

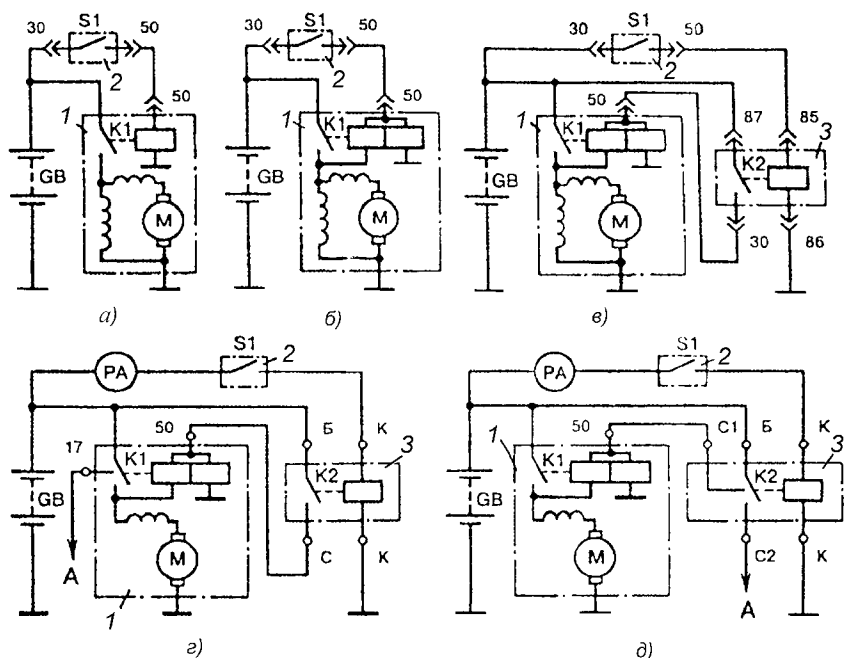


Рис. 4.35. Схемы управления электростартерами:

а — СТ221 с однообмоточным реле; *б* — СТ221 с двухобмоточным реле; *в* — 29.3708 на автомобилях ВАЗ-2108, ВАЗ-2109; *г* — СТ130-А3; *д* — СТ230-Б1; 1 — электростартер; 2 — выключатель зажигания; 3 — дополнительное реле; А — к выводу добавочного резистора

вводит шестерню привода в зацепление с венцом маховика и в конце хода замыкает силовые контакты реле *K1* в цепи электродвигателя *M*.

Для отключения стартера необходимо снять усилие с ключа выключателя зажигания. Ключ автоматически займет положение "Зажигание". При этом якорь, отключенный от источника тока тягового реле, и приводной механизм под действием пружины возвращаются в исходное положение.

В стартерах с двухобмоточными реле (рис. 4.35, *б* и *в*) при замыкании контактов *S1* выключателя зажигания 2 ток от батареи проходит через втягивающую и удерживающую обмотки. При замыкании контактов реле *K1* втягивающая обмотка замыкается накоротко.

Обмотки тягового реле *K1* могут подключаться к источнику тока через контакты вспомогательного реле *K2* (рис. 4.35, *в*, *г* и *д*). Дополнительный контакт в тяговом реле, соединенный с выводом 17 (см. рис. 4.35, *г*), или

контакт в дополнительном реле, связанный с выводом C2 (см. рис. 4.35, д), замыкают накоротко добавочный резистор катушки зажигания.

4.5.2. Устройства для автоматического отключения и блокировки стартера

Электронное устройство (рис. 4.36) автоматического отключения и блокировки включения стартера содержит блок управления и датчик частоты вращения коленчатого вала. Блок управления настроен на частоту вращения коленчатого вала, при которой стартер должен отключаться. Это значение n должно быть больше максимально возможной пусковой частоты вращения коленчатого вала электростартером и меньше минимальной частоты вращения коленчатого вала в режиме прогрева двигателя после пуска.

При пуске двигателя ключ выключателя приборов и стартера переводится в положение, соответствующее включению стартера, транзи-

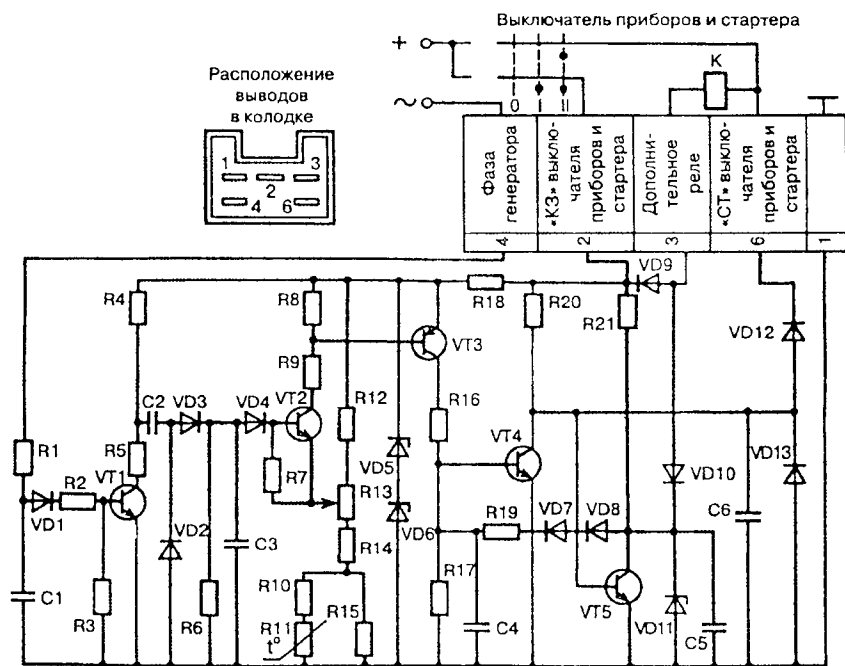


Рис. 4.36. Электронное устройство для автоматического отключения и блокировки стартера СТ142-Б

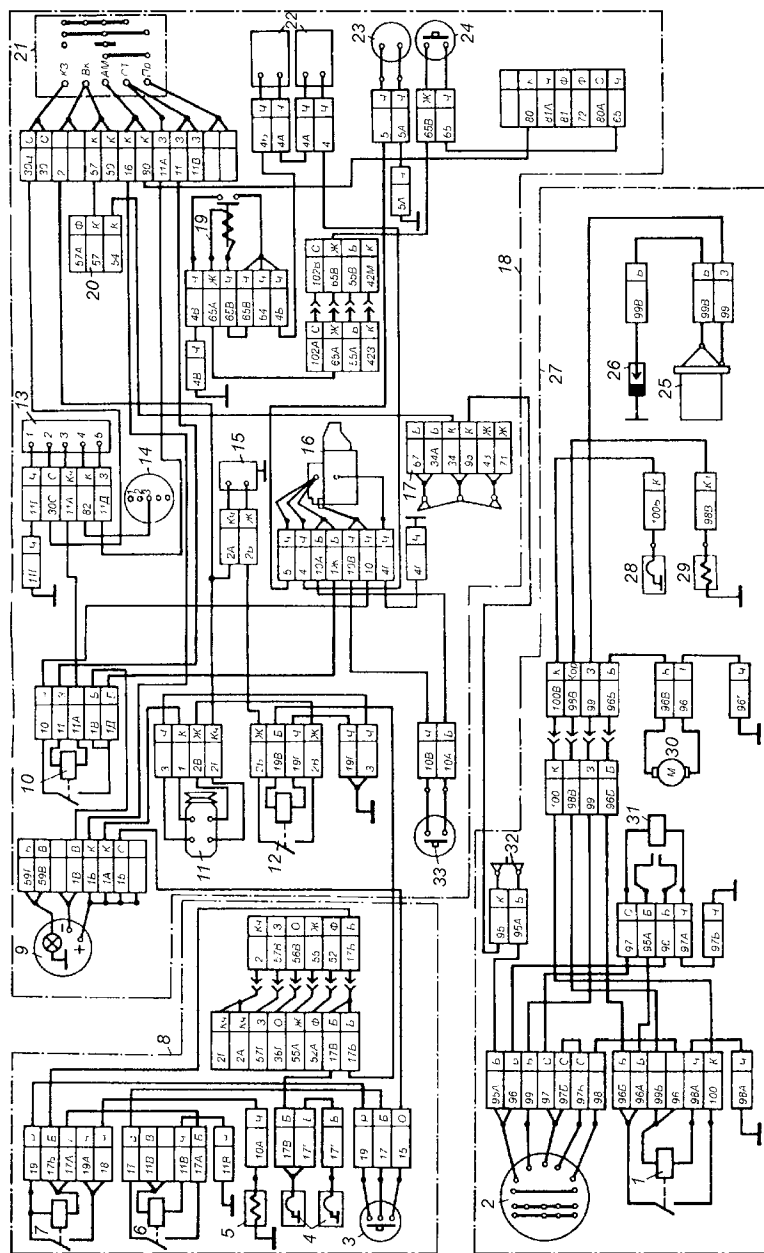


Рис. 4.37. Электрические схемы систем, обеспечивающих пуск двигателя автомобиля КамАЗ-4310

стор *VT5* открывается (первое устойчивое состояние триггера на транзисторах *VT4* и *VT5*) и подключает к аккумуляторной батарее вспомогательное реле, которое включает стартер. При вращении коленчатого вала двигателя через вывод *X4* штекерного разъема на выход электронного устройства подается синусоидальное напряжение от фазы генератора, которое транзистором *VT1* преобразуется в прямоугольные импульсы нормированной амплитуды. С помощью резисторов *R1*, *R2*, *R3* и конденсатора *C1* ограничивается входное напряжение и отфильтровываются импульсные помехи во входных цепях.

Прямоугольные импульсы заряжают конденсатор *C3* преобразователя "частота—напряжение". Чем больше частота входного сигнала (частота вращения коленчатого вала двигателя), тем меньше промежутки времени между импульсами и степень разряда конденсатора *C2*. При определенной частоте вращения коленчатого вала напряжение на конденсаторе *C3* превышает опорное напряжение на резисторах *R10–R15*, транзисторы *VT2* и *VT3* открываются и триггер переводится во второе устойчивое состояние, когда транзистор *VT4* открыт, а транзистор *VT5* закрыт. Вспомогательное реле обесточивается и отключает стартер. Диоды *VD10*, *VD13* и конденсаторы *C5*, *C6* обеспечивают надежное закрытие транзисторов *VT5* и *VT4*.

Терморезистор *R11* изменяет частоту вращения вала двигателя, при которой должен отключаться стартер, с изменением температуры окружающего воздуха. Повторное включение стартера после первой неудачной попытки пуска возможно только после предварительного перевода ключа выключателя зажигания в положение "Выключено".

Когда ключ выключателя *21* приборов и стартера (рис. 4.37) переводится во второе нефиксированное положение к аккумулятор-

← *Рис. 4.37 (Продолжение):*

1 — реле нагрева; 2 — переключатель режимов; 3 — кнопка включения свечей; 4 — свечи; 5, 29 — электромагнитные клапаны; 6 — реле электрофакельного устройства; 7 — термореле; 8 — электрофакельное устройство; 9 — амперметр; 10 — реле включения стартера; 11 — генератор; 12 — реле отключения обмотки возбуждения генератора; 13 — реле блокировки стартера; 14 — тахометр; 15 — регулятор напряжения; 16 — стартер; 17, 20, 32 — предохранители; 18 — система электростартерного пуска; 19 — выключатель аккумуляторных батарей; 21 — выключатель приборов и стартера; 22 — аккумуляторные батареи; 23 — розетка внешнего пуска; 24 — кнопка дистанционного выключения аккумуляторных батарей; 25 — катушка зажигания предпускового подогревателя с коммутатором; 26 — свеча искровая; 27 — предпусковой подогреватель; 28 — нагреватель топлива; 30 — электродвигатель; 31 — контактор; 33 — дублирующий выключатель стартера

ным батареям 22, подключается обмотка реле 10 стартера. Ток в обмотку реле 10 поступает по цепи: "+" аккумуляторных батарей — выводы "4" и "1Ж" стартера 16 — выводы "1Д" и "1В" реле 10 стартера—вывод "1В", "-", "+" и вывод "1Б" амперметра—выводы "1Б", "АМ", "СТ" и "11" выключателя 21 приборов и стартера — вывод "11", обмотка и вывод "11А" реле 10 стартера — выводы "11А", "3", "1" и "11Г" реле 13 блокировки стартера — масса — вывод "4В", замкнутые контакты и вывод "4Б" выключателя 19 — "-" аккумуляторных батарей.

Контакты реле 10 включения стартера замыкают цепь электропитания тягового электромагнитного реле стартера. Ток в тяговое реле проходит по цепи: "+" аккумуляторных батарей — стартер 16 — контакты реле 10 стартера втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле стартера 16 — масса — выключатель 19 — "-" аккумуляторных батарей.

Тяговое реле вводит шестерню механизма привода в зацепление с венцом маховика и своими силовыми контактами подключает электродвигатель стартера к аккумуляторным батареям 22. После осуществления пуска двигателя от датчика тахометра 14 или от генератора подается напряжение на реле 13 блокировки стартера. Контакты реле 13 блокировки размыкаются и отключают стартер 16 от источника электропитания.

Реле блокировки используют в схемах управления электростартером, если он является основным пусковым устройством тракторного дизеля. Реле блокировки *K1* (рис. 4.38, *a*) имеет две обмотки. Основная обмотка реле через выпрямитель подключена к одной фазе старторной обмотки индукторного генератора. Вспомогательная обмотка через резистор *R* и выключатель *S1* стартера получает электропитание от аккумуляторной батареи. Контакты реле блокировки *K1* размыкающие. Пока дизель трактора не работает, напряжение на генераторе отсутствует, контакты реле *K1* замкнуты и обеспечивают электропитание обмотки дополнительного реле *K2* после замыкания контактов выключателя *S1* стартера. Дополнительное реле срабатывает (контакты реле *K2* замыкаются) и включает в работу тяговое реле *K3* и затем стартер. После пуска дизеля с увеличением частоты вращения коленчатого вала и вала генератора напряжение генератора возрастает, основная обмотка реле блокировки размыкает контакты реле *K1* и обесточивает реле включения *K2*. Контакты реле *K2*, а затем и силовые контакты тягового реле *K3* стартера размыкаются и стартерный электродвигатель *M* выключается. Контакты реле *K1* остаются

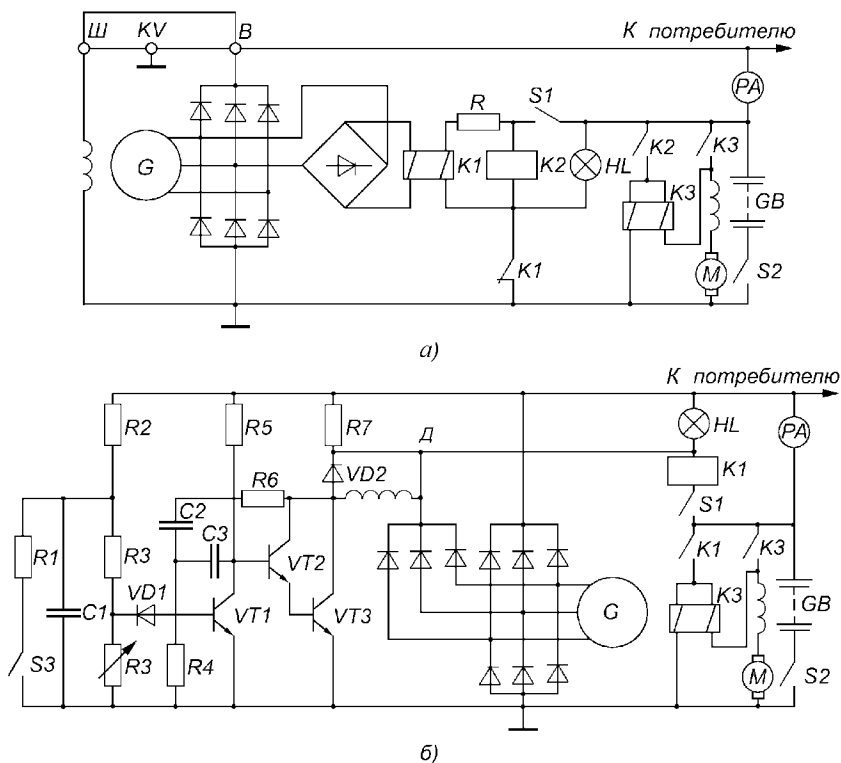


Рис. 4.38. Электрические схемы управления электростартерами на тракторах с индукторными генераторами переменного тока:

a — Г306; *б* — 13.3701

разомкнутыми, пока дизель и генератор работают, предотвращая возможность включения стартера.

Через замкнутые контакты реле блокировки *K1* ток поступает на контрольную лампу *HL*. Лампа горит при неработающем дизеле и сигнализирует о необходимости выключения выключателя *S2* массы. После пуска дизеля и размыкания контактов реле *K1* лампа гаснет, что указывает на нормальную работу генератора.

Магнитный поток вспомогательной обмотки реле блокировки направлен в противоположную сторону потоку основной обмотки, чем обеспечивается более четкое размыкание контактов реле *K1* и увеличение его срока службы.

У тракторных генераторов 13.3701 и 15.3701 со встроенными интегральными регуляторами Я112Б напряжения выводы переменного тока отсутствуют. Основная обмотка реле блокировки в этом случае подключается к выводу "Д" генератора и к массе. Однако возможен более простой вариант блокировки стартера (рис. 4.38, б) с помощью одного реле *K1*. Обмотка реле включается между положительным выводом аккумуляторной батареи *GB* и выводом "Д" генератора *G*. При замыкании выключателя *S1* стартера реле *K1* срабатывает и его контакты подсоединяют тяговое реле *K3* стартера к аккумуляторной батарее. Цепь электроснабжения обмотки реле при неработающем двигателе замыкается через обмотку возбуждения генератора и открытый выходной транзистор *VT3* регулятора напряжения. В процессе пуска напряжение на выводах генератора возрастает. Напряжение обмотки реле блокировки равно разности напряжений аккумуляторной батареи и генератора. После пуска дизеля напряжение электроснабжения обмотки реле уменьшается настолько, что контакты реле *K1* размыкаются и отключают стартер.

Контрольная лампа *HL*, включенная параллельно обмотке реле *K1* и выключателю *S1*, при неработающих двигателе и генераторе горит, а при пуске по мере увеличения напряжения генератора гаснет. Схема включения контрольной лампы обеспечивает улучшение самовозбуждения генератора.

4.5.3. Система "Стоп–старт"

Система "Стоп–старт" выполняет функции автоматического управления остановкой и пуском двигателя, обеспечивая дополнительную экономию топлива за счет сокращения длительности работы двигателя в режиме холостого хода при остановке автомобиля и при медленном его движении с установленным в нейтральном положении рычагом коробки передач. Система начинает автоматически функционировать в том случае, если первоначальный пуск был осуществлен пусковой системой с электростартером и двигатель прогрет до температуры 65–100 °С.

Система "Стоп–старт" (рис. 4.39) выключает зажигание и отключает подачу топлива, останавливая двигатель, при скорости движения автомобиля менее 5 км/ч, при нейтральной передаче и выключенном сцеплении. Для продолжения движения водитель нажимает на педаль управления дроссельной заслонкой. При этом автоматически осуществляется пуск двигателя.

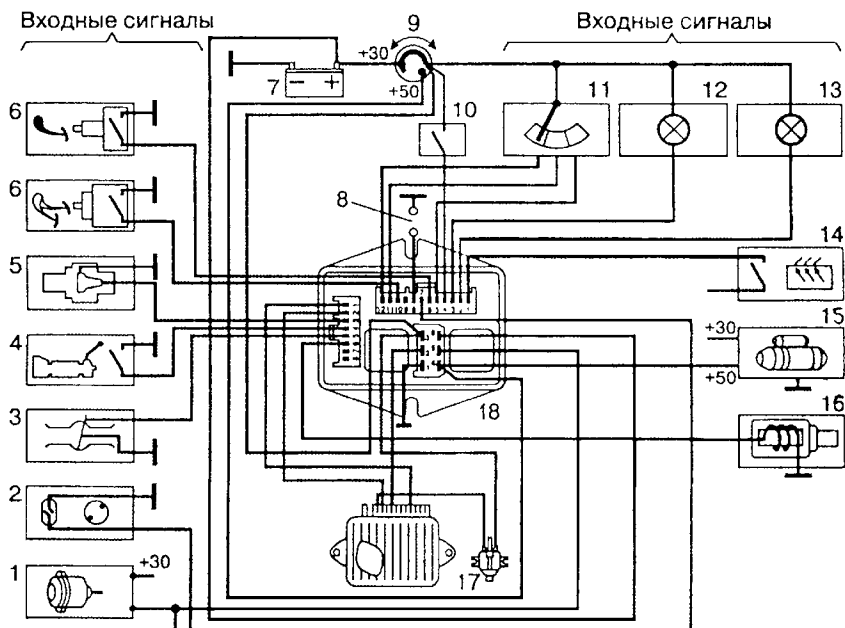


Рис. 4.39. Схема системы "Стоп-старт":

1 – генератор; 2 – датчик тахометра; 3 – датчик положения дроссельной заслонки; 4 – датчик нейтрального положения коробки передач; 5 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 6 – датчик положения педали сцепления; 7 – аккумуляторная батарея; 8 – контрольные точки; 9 – выключатель зажигания; 10 – переключатель работы системы; 11 – эконометр; 12 – контрольная лампа; 13 – контрольная лампа остановки двигателя; 14 – цепь электроснабжения системы обогрева ветрового стекла; 15 – стартер; 16 – выключатель подачи топлива; 17 – катушка зажигания; 18 – блок управления

Стартер и цепь зажигания включаются системой "Стоп–старт" в том случае, если двигатель остановлен и с момента его остановки прошло не менее 0,6 с, сцепление выключено, скорость движения автомобиля менее 10 км/ч.

Функционирование системы обеспечивают датчики температуры охлаждающей жидкости, положения педалей сцепления и дроссельной заслонки, рычага переключения передач и скорости движения автомобиля.

К недостаткам системы "Стоп–старт" относятся увеличение числа включений стартера и повышенное потребление энергии от аккумуляторной батареи.

5. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ

Устройства для облегчения пуска, воздействуя на отдельные системы двигателя, температурное состояние его деталей и эксплуатационных материалов, снижают моменты сопротивления вращению коленчатого вала, улучшают условия образования и воспламенения топливовоздушных смесей. Эффективность различных способов и устройств для облегчения пуска зависит от типа двигателя, его конструктивных особенностей и условий эксплуатации. Данные устройства делятся на действующие в предпусковой период и непосредственно в процессе пуска двигателя.

К устройствам, действующим в предпусковой период, относятся индивидуальные подогреватели, обеспечивающие прогрев двигателя и его агрегатов, подогрев электролита аккумуляторной батареи, топлива, моторного масла и др. Предпусковой подогрев обеспечивает не только повышение частоты вращения коленчатого вала двигателя при прокручивании его электростартером и улучшение условий воспламенения топливовоздушной смеси, но и снижает степень изнашивания деталей двигателя, уменьшает выбросы токсичных веществ в окружающую среду.

Предпусковые подогреватели различают по виду потребляемой энергии, способу подвода тепла, организации циркуляции теплоносителя, теплопроизводительности и т.д.

Устройства для облегчения пуска, действующие непосредственно в процессе пуска, обеспечивают калоризаторное воспламенение топлива (свечи накаливания), подогрев впускного воздуха (свечи подогрева и электрофакельные подогреватели) или интенсифицируют процесс воспламенения топливовоздушной смеси (легковоспламеняющиеся пусковые жидкости).

5.2. СВЕЧИ НАКАЛИВАНИЯ И ПОДОГРЕВА ВОЗДУХА

5.2.1. Свечи накаливания

Пуск дизелей с разделенными камерами сгорания улучшается при установке в предкамеры или вихревые камеры свечей накаливания открытого или закрытого типа, раскаленные нагревательные элементы которых являются источниками воспламенения топлива.

Свеча накаливания с открытым нагревательным элементом (рис. 5.1, *а*) устанавливается в камере сгорания двигателя таким образом, чтобы раскаленная спираль 3 находилась на некотором расстоянии от границы струи распыливаемого топлива. Если струя топлива задевает спираль, процесс воспламенения улучшается, но срок службы свечи сокращается. Спираль накаливания 3 (рис. 5.1, *б*) штифтовой свечи находится в закрытом кожухе 5, заполненном изоляционным материалом с высокой теплопроводностью. Кожух свечи изготавливают из железо-никель-хромового сплава "инконель". Штифтовую свечу в камере сгорания устанавливают таким образом, чтобы конус струи распыливаемого топлива касался раскаленного конца ее кожуха.

Чаще используют однополюсные штифтовые свечи, потребляющие токи силой 5 и 10 А при напряжениях соответственно 24 и 12 В. Двухполюсные свечи для двухпроводных схем потребляют токи силой до 50 А при напряжении 1,7 В. Время прогрева штифтовой свечи составляет 1–2 мин. Вследствие большой тепловой инерции таких свечей нет необходимости устанавливать в их цепь питания дополнительный резистор. Преимуществами штифтовых свечей по сравнению со свечами открытого типа являются большая механическая прочность и большой срок службы вследствие отсутствия окислирования

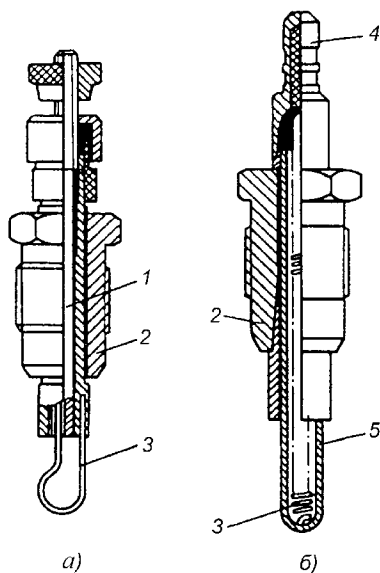


Рис. 5.1. Свечи накаливания:

а – с открытым нагревательным элементом; *б* – штифтовая; 1 – центральный электрод; 2 – корпус; 3 – спираль; 4 – вывод; 5 – кожух спирали

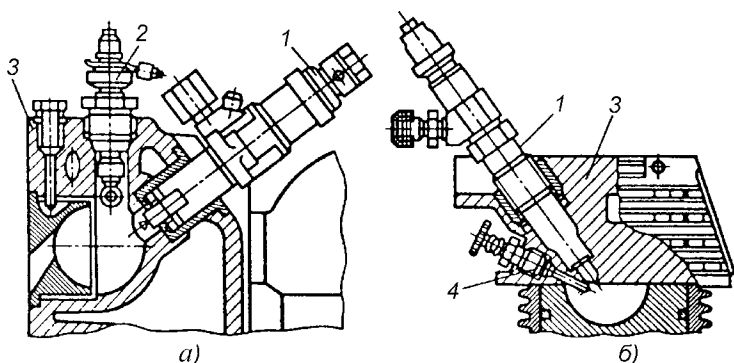


Рис. 5.2. Примеры установки свечей накаливания в камерах сгорания:
а открытого типа; *б* закрытого типа; 1 форсунка топливной системы; 2 свеча накаливания с открытым нагревательным элементом; 3 головка цилиндров; 4 штифтовая свеча накаливания

спирали кислородом воздуха. Штифтовые свечи могут быть установлены в дизелях с однополостными камерами сгорания.

Эффективность применения свечей накаливания при пуске дизелей зависит от рабочей температуры открытой спирали или кожуха штифтовой свечи, которая определяется силой тока спирали. Пуск дизелей при использовании свечей накаливания обеспечивается до температуры 10–15 °С при частоте вращения коленчатого вала 60–80 мин⁻¹. Примеры установки свечей накаливания в камерах сгорания приведены на рис. 5.2.

5.2.2. Свечи подогрева воздуха во впускном трубопроводе

На дизелях с однополостными камерами сгорания применяют электрические свечи и электрофакельные подогреватели для нагрева воздуха, поступающего в цилиндры двигателя на такте впуска. Целью подогрева воздуха является повышение температуры в конце такта сжатия и, тем самым, улучшение условий образования, воспламенения и сгорания топливовоздушной смеси.

Свеча подогрева воздуха во впускном трубопроводе (рис. 5.3, *а*) мощностью 400 Вт рассчитана на потребление тока силой 45–47 А. Спираль 1 свечи нагревается до температуры 900–950 °С через 40–60 с после подключения к аккумуляторной батарее. В цепи электропитания свечей включают контрольные элементы и дополнитель-

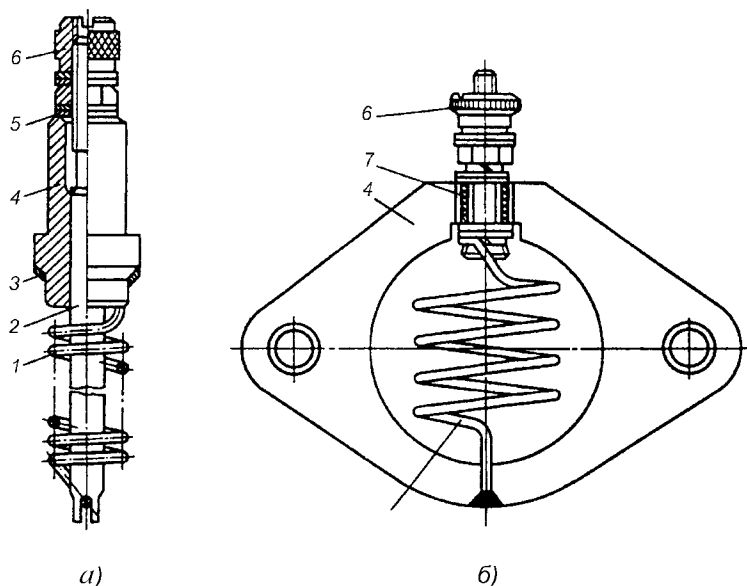


Рис. 5.3. Свечи подогрева воздуха во впускном трубопроводе:

а – СН150-А; *б* – фланцевая свеча; 1 – спираль накаливания; 2 – стержень; 3 – уплотнительная шайба; 4 – корпус; 5 – изоляционная шайба; 6 – контактная гайка; 7 – изоляционная втулка

ные резисторы. Свечи подогрева устанавливают в начале впускного трубопровода или в местах разводки по каналам цилиндров.

Лучший теплоотвод от спирали 1 (рис. 5.3, б) впускному воздуху обеспечивается при использовании фланцевых свечей. Фланцевые свечи устанавливают в разъемах впускного трубопровода, что приводит к большому разнообразию их конструкций и усложняет конструкцию трубопровода.

5.3. ЭЛЕКТРОФАКЕЛЬНЫЕ ПОДОГРЕВАТЕЛИ ВОЗДУХА

На дизелях устанавливают электрофакельные подогреватели воздуха во впускном трубопроводе, что в сочетании с маловязким маслом позволяет снизить минимальную температуру пуска холодного дизеля на 10–15 °С. В электрофакельных подогревателях через электрическую спираль проходит ток небольшой силы, так как она служит только для подогрева,

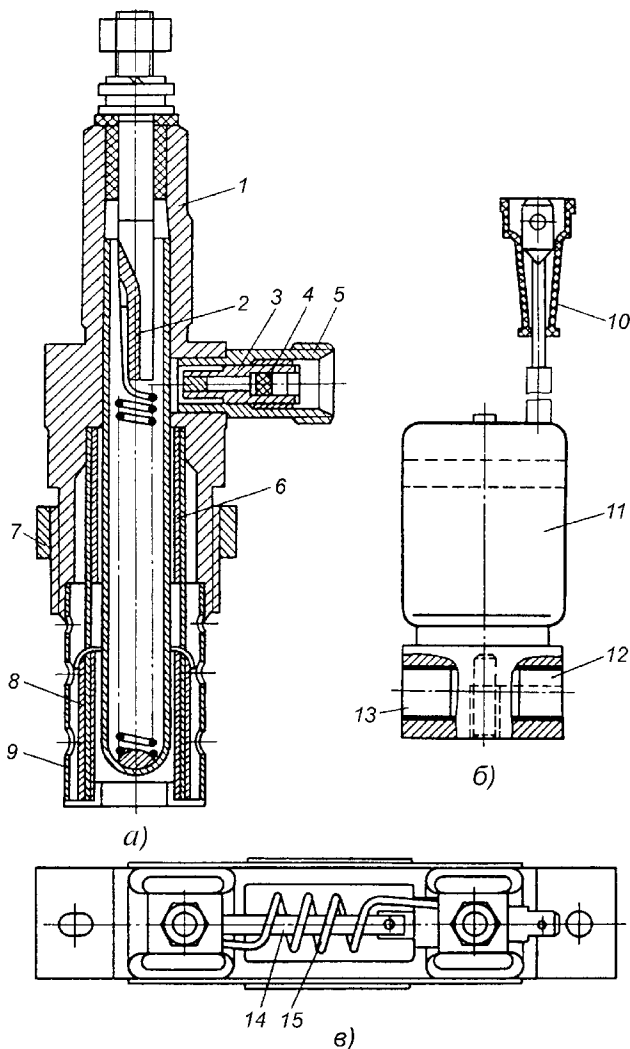


Рис. 5.4. Электрофакельное устройство автомобилей КамАЗ:

а — факельная штифтовая свеча; *б* — электромагнитный топливный клапан; *в* — термореле с добавочным резистором; 1 — корпус; 2 — нагревательный элемент (штифт); 3 — топливный жиклер; 4 — топливный фильтр; 5 — топливный штуцер; 6 — кольцевая вставка; 7 — контргайка; 8 — испарительная сетка; 9 — защитный экран; 10 — вывод электромагнита; 11 — электромагнит; 12 — штуцер подвода топлива; 13 — штуцер отвода топлива; 14 — биметаллическая пластина; 15 — спираль добавочного резистора

испарения и воспламенения топлива. Воздух во впускном трубопроводе подогревается за счет теплоты сгорания топливовоздушной смеси.

В отличие от свечей подогрева они потребляют меньшее количество электроэнергии и наряду с достаточно эффективным нагревом впускного воздуха обеспечивают в некоторой степени внешнее смесеобразование. Частицы не успевшего сгореть в электрофакельном подогревателе топлива в виде паров попадают в цилиндры двигателя и являются очагами воспламенения, способствуя более быстрому сгоранию впрыскиваемого форсункой топлива.

Электрофакельное устройство дизелей состоит из одной или двух факельных штифтовых свечей (рис. 5.4, *а*), электромагнитного топливного клапана (рис. 5.4, *б*), термореле с добавочным резистором (рис. 5.4, *в*), кнопочного выключателя, реле электрофакельного устройства, реле отключения обмотки возбуждения генератора, контрольной лампы и топливопроводов.

Дозирование топлива, его испарение, смешивание с воздухом, воспламенение и сгорание происходят в факельной штифтовой свече. Топливо, подаваемое к свече, очищается фильтром 4 (см. рис. 5.4, *а*), дозируется жиклером 3, проходит по кольцевой полости между кольцевой вставкой и нагревательным элементом 2. Объемная испарительная сетка 8 в нижней части факельной свечи имеет большую поверхность и облегчает испарение топлива. Сетка окружена защитным экраном 9 с отверстиями для прохода воздуха. Экран предотвращает затухание пламени при увеличении скорости воздушного потока во впускном трубопроводе после пуска двигателя.

Электромагнитный топливный клапан открывает подачу топлива к факельным штифтовым свечам при подключении его обмотки (см. рис. 5.4, *б*) к аккумуляторной батарее. При отключении электромагнитный клапан закрывается под действием пружины. Топливо к электромагнитному клапану подводится из системы питания дизеля.

Термореле имеет контакты и биметаллическую пластину 14 (см. рис. 5.4, *в*), расположенные внутри спирали 15 добавочного резистора. По мере прогрева за счет теплоты, выделяемой добавочным резистором, биметаллическая пластина деформируется и замыкает контакты реле. Добавочный резистор уменьшает силу тока во время предварительного нагрева штифта факельной свечи и замыкается накоротко в момент включения стартера.

Схема электрофакельного устройства (рис. 5.5) обеспечивает предварительный нагрев факельных штифтовых свечей *E1* и *E2* до температуры 1000–1100 °С перед включением стартера. Спирали свечей подключены к аккумуляторной батарее через добавочный резистор *R* тер-

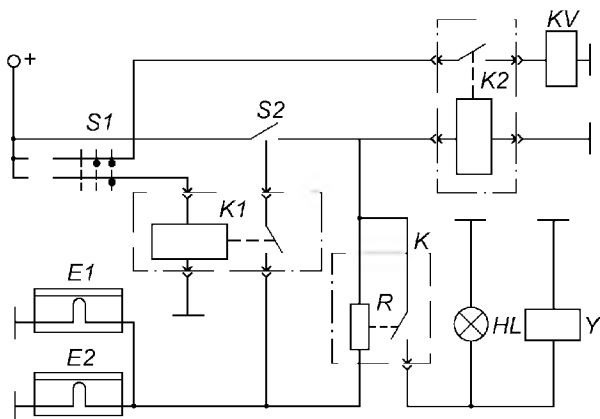


Рис. 5.5. Схема электрофакельного устройства для предварительного нагрева факельных штيفтовых свечей

мореле K кнопчным выключателем $S2$ электрофакельного устройства. Во время предпускового прогрева свечей выключатель $S1$ приборов находится в положении 2. В конце прогрева факельных свечей замыкаются контакты термореле K . Напряжение подается на электромагнитный клапан Y и контрольную лампу HL , сигнализирующую о готовности электрофакельного устройства к пуску двигателя. При включении стартера выключателем $S1$ (положение 3) подкачивающий насос подает топливо через открытый клапан к свечам. Одновременно срабатывает реле $K1$ выключения добавочного резистора.

После пуска двигателя выключатель $S1$ приборов и стартера переводят в положение 2, стартер отключается, но электрофакельное устройство продолжает работать в период предпускового подогрева, если оставить кнопку выключателя $S2$. Для защиты факельных штيفтовых свечей от перегрева при работе двигателя в режиме холостого хода после пуска, когда в связи с работой генератора растет напряжение на выводах свечей, в схеме предусмотрено реле $K2$ отключения обмотки возбуждения генератора.

При использовании электрофакельного подогревателя (рис. 5.6) надежный пуск тракторных дизелей рабочим объемом 6000–7000 см³ до температуры -20°C обеспечивается при частотах вращения коленчатого вала 80–90 мин⁻¹.

Спираль II из нихромовой проволоки марки X20H80 диаметром 1,2 мм имеет два слоя. В режиме послепускового прогрева, когда возрастает скорость воздушного потока во впускном трубопроводе, внешняя

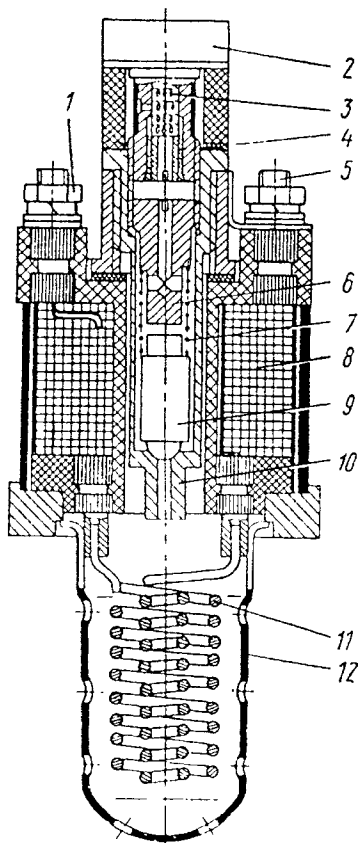
Рис. 5.6. Электрофакельный подогреватель воздуха во впускном трубопроводе тракторных дизелей:

1, 5 — токопроводящие выводы электромагнита и спирали; 2 — болт штуцера; 3 — дозирующий элемент; 4 — гайка; 6 — штуцер; 7 — пружина перепускного клапана; 8 — обмотка электромагнита; 9 — клапан; 10 — корпус клапана; 11 — спираль; 12 — кожух спирали

спираль предохраняет внутреннюю от переохлаждения и способствует сохранению пламени. От затухания пламя предохраняет также защитный колпачок (кожух) с двенадцатью отверстиями для прохода воздуха, который одновременно исключает вероятность попадания в цилиндры частиц спирали в случае ее перегорания.

Спираль накаливания соединена параллельно обмотке 8 электромагнита топливного клапана 9. Топливный клапан имеет сферическую рабочую поверхность, является магнитопроводом электромагнита и удерживается в закрытом состоянии пружиной 7. Питание к обмотке электромагнита и к спирали накаливания подводится через выводы 1 и 5. Обмотка электромагнита потребляет ток силой 2—3 А при напряжении 10 В. Спираль накаливания рассчитана на потребление тока силой 15—17 А при номинальном напряжении 8,5 В. За 15—30 с предпускового подогрева спираль нагревается до температуры 850—900 °С. В цепь питания спирали накаливания включаются контрольный элемент и добавочный резистор. Добавочный резистор замыкается накоротко при включении стартера. Напряжение на катушку электромагнита подается одновременно с включением стартера.

Поступающее к электрофакельному подогревателю топливо фильтруется сеткой подогревателя и далее через дозирующий элемент 3, штуцер 6 и открытый топливный клапан поступает в зону расположения спирали накаливания, испаряется, смешивается с воздухом и воспламеняется. Факел пламени подогревает впускной воздух.



5.4. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАЧИ ПУСКОВОЙ ЖИДКОСТИ

Широкое распространение получил способ использования легко-воспламеняющихся пусковых жидкостей, которые содержат компоненты с низкой температурой самовоспламенения и отличаются большим разнообразием составов.

Пусковая жидкость подается непосредственно в цилиндры двигателя вместе с основным топливом или с помощью специальных приспособлений — во впускной трубопровод. Работа устройства для подачи пусковой жидкости во впускной трубопровод основана на пневматическом или механическом распыливании жидкости и ее дальнейшем испарении. Использование пусковой жидкости и маловязкого загущенного масла позволяет обеспечивать пуск двигателя до температуры -30°C при частоте вращения коленчатого вала 40–55 мин⁻¹.

Автоматическое управление подачей пусковой жидкости возможно в устройствах, основанных на аэрозольном распыливании. Аэрозольное пусковое приспособление с электромагнитным приводом приведено на рис. 5.7. Пусковая жидкость находится под давлением в аэрозольном баллоне 13 с клапан-ным устройством. В качестве вытесняющего газа применяют пропан, бутан и другие газы, давление которых незначительно зависит от температуры. Аэрозольное пусковое устройство устанавливают с по-

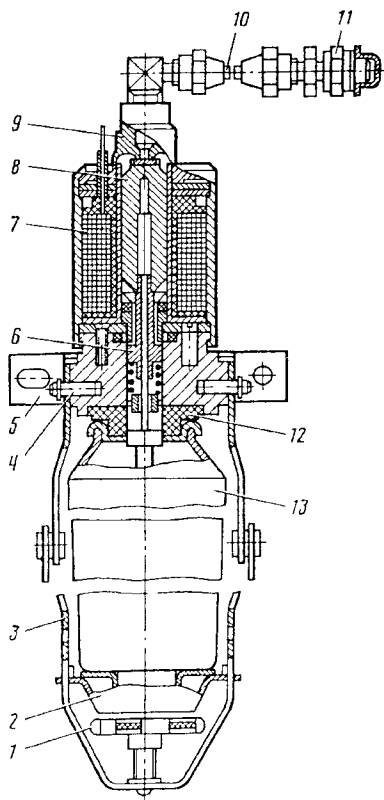


Рис. 5.7. Аэрозольное пусковое приспособление с электромагнитным приводом:

1 — регулировочный винт; 2 — нажимной подпятник; 3 — складывающиеся дужки; 4 — ось дужек; 5 — кронштейн крепления; 6 — эмульсионная грубка; 7 — электромагнит; 8 — магнитопривод; 9 — пластинчатый клапан; 10 — трубопровод; 11 — форсунка; 12 — резиновый уплотнитель; 13 — аэрозольный баллон

мощью кронштейна 5 в отсеке двигателя в легкодоступном для смены баллона месте.

Управление приспособлением дистанционное, из кабины водителя или тракториста. При включении электромагнита 7 якорь перемещается вниз, нажимает эмульсионной трубкой на шток клапана аэрозольного баллона и одновременно открывает проход для аэрозоли в трубопровод 10 через пластинчатый клапан 9. К форсунке 11 распылителя, расположенной во впускном трубопроводе двигателя, аэрозоль поступает через эмульсионную трубку 6 и внутреннюю полость якоря электромагнита 7.

Один аэрозольный баллон может обеспечить 8—10 пусков двигателя при температуре -30°C . При установке в приспособление верхнюю часть нового баллона совмещают с корпусом и прижимают к нему опорной пятой, перемещающейся по дужкам 3, с помощью регулировочного винта 1. Уплотнение в стыке баллона с корпусом обеспечивается резиновым уплотнителем 12.

5.5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДПУСКОВОЙ ПОДГОТОВКИ ДВИГАТЕЛЯ

Для предпускового подогрева двигателей применяются электрические нагреватели различных типов. По методу превращения электрической энергии в тепловую электронагревательные устройства подразделяют на нагреватели сопротивлений, радиационные, электродные, полупроводниковые и др.

Наибольшее распространение получили нагреватели сопротивлений, которые изготавливают из проводников с высоким удельным электросопротивлением. Проводниками тока электронагревателей являются сплавы железа, никеля, хрома, алюминия, марганца, меди или графита, выдерживающие высокие температуры.

Проводники нагревателей выполняют в виде проволоки или ленты, свитых в спираль, и помещают в изоляционный материал, который должен обладать термостойкостью, иметь хорошую теплопроводность и не поглощать влагу. В качестве изоляционных материалов обычно применяют порошки оксида магния (периглаз, электрокорунд, тальк, кварцевый песок, стекло, фарфор, слюду, мрамор, асбест).

По конструкции электронагреватели делятся на открытые, защищенные и герметичные.

Открытые нагреватели изготавливают из проволоки или ленты и закрепляют на изоляционном каркасе. Устанавливают их непосред-

венно в нагреваемую среду или рядом с ней. Теплопередача происходит путем конвекции и лучеиспускания.

Электронагреватель открытого типа для подогрева охлаждающей жидкости двигателя размещают в нижней патрубке радиатора или в специальном бачке, который шлангами соединен с жидкостным насосом или нижним патрубком радиатора.

Защищенный электронагреватель отличается тем, что токопроводящая проволока укрепляется на изоляционном материале или запрессовывается в него и закрывается металлической оболочкой. Защита токопроводящей проволоки от механических повреждений и загрязнений делает нагреватель менее опасным, но не предохраняет нагревательный элемент от соприкосновения с влагой и воздухом. Теплопередача от нагревательного элемента происходит через изоляционный материал, воздух и оболочку.

Эластичные нагревательные элементы, выполненные из графитных нитей, для большей прочности сплетенных в тканевые полосы, применяются на автомобилях и тракторах. Полоски такой ткани изолируют с наружной стороны термостойкими материалами и соединяют с контактными устройствами.

Высокой надежностью и электробезопасностью обладает герметически закрытый трубчатый электронагреватель (ТЭН). ТЭН состоит из мягкой металлической оболочки, в которой помещена спираль, свитая из нихромовой проволоки. Особенностью его конструкции является малая толщина изоляционного материала с хорошей теплоотдачей и герметически закрытая спираль, не имеющая соприкосновения с кислородом воздуха.

Конфигурация ТЭНа и приваренных штуцеров его крепления зависит от места установки на двигателе. ТЭНы могут применяться для прогрева масла в картере двигателя, охлаждающей жидкости, дизельного топлива и электролита аккумуляторной батареи.

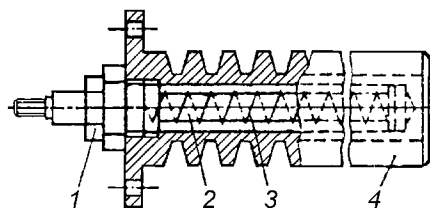


Рис. 5.8. Электронагреватель масла в двигателе:

1 — изолятор; 2 — стержень; 3 — нихромовая спираль; 4 — корпус

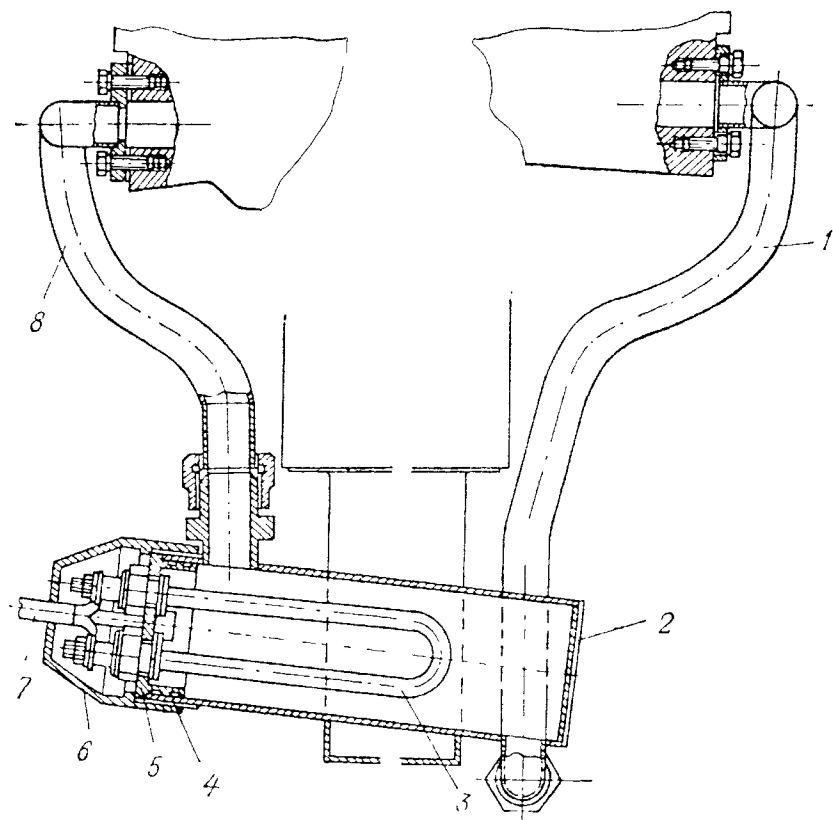


Рис. 5.9. Электронагреватель масла и охлаждающей жидкости для дизеля:

1 — трубка подвода холодной жидкости; 2 — корпус нагревателя (котел); 3 — нагревательный элемент; 4 — уплотнительные кольца; 5 — днище нагревателя; 6 — защитный колпак; 7 — провод вилки штепсельного разъема; 8 — трубка отвода горячей жидкости

На рис. 5.8 приведен электронагреватель масла в двигателе. Установка электронагревателя в картере двигателя ЯМЗ-238 для подогрева масла и охлаждающей жидкости показана на рис. 5.9. В это устройство входят универсальный нагревательный котел и соединительные детали. Котел крепится в картере двигателя и соединен трубками с наружными отверстиями водораспределительных каналов цилиндров. Из верхнего патрубка котла нагретая жидкость поступает в блок двигателя и возвращается в котел с другой стороны блока.

5.6. ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Для обеспечения работоспособности в зимнее время при температуре окружающего воздуха $-(25-40)^\circ\text{C}$ в аккумуляторной батарее 6СТ-190ТРН установлен электронагреватель 14 (рис. 5.10), представляющий собой графитизированный вязкозный шнур во второпластовой изоляции.

С целью поддержания температуры электролита в интервале $10-15^\circ\text{C}$ электронагреватель с помощью термовыключателя (термореле) периодически подключается к внешнему источнику тока. Изолированный от электролита термовыключатель 9 установлен в одном из аккумуляторов батареи.

Выводы 17 и 18 электронагревателя и термовыключателя подведены к колодке штепсельного разъема, закрепленной на моноблоке ак-

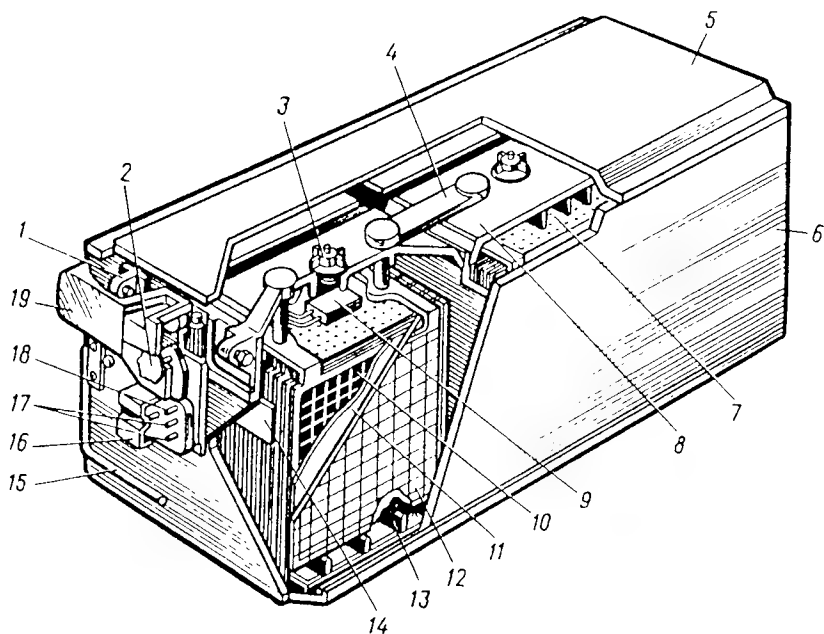


Рис. 5.10. Аккумуляторная батарея 6СТ-190ТРН с электроподогревом:

1 полюсовый вывод; 2 болт крепления защитного кожуха; 3 пробка аккумулятора; 4 перемычка; 5 крышка батареи; 6 моноблок; 7 предохранительный щиток; 9 термовыключатель; 10, 12 положительный и отрицательный электроды; 11 — сепаратор; 13 — вставная призма; 14 — электронагреватель ЭНА100; 15 — ручка; 16 — крышка коммутационной панели; 17 — выводы электронагревателя ЭНА100; 18 — вывод температурного реле; 19 — защитный кожух

кумуляторной батареи. К вставке штепсельного разъема присоединяются провода от внешнего источника тока напряжением 24 В.

5.7. ПОЗИСТОРНЫЕ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ

Применение позисторных нагревателей весьма перспективно благодаря их способности к саморегулированию по предельной, заранее заданной температуре, что обеспечивает пожаробезопасность и энергетическую экономичность. Сопротивление позистора многократно повышается при достижении заданной температуры. При этом резко падает его энергопотребление и автоматически стабилизируется температура.

На бензиновых двигателях позисторные нагреватели используют для подогрева топливовоздушной смеси. Установка на карбюратор позисторного нагревателя накладного типа обеспечивает: улучшение пусковых качеств двигателя при низких температурах; уменьшение времени подготовки двигателя к работе под нагрузкой; повышение устойчивости работы двигателя после пуска в период послепускового прогрева; снижение концентрации токсичных веществ в отработавших газах во время пуска и послепускового прогрева двигателя; пожаробезопасность благодаря автоматическому регулированию по предельной температуре.

При напряжении питания 12 В средняя сила потребляемого нагревателем тока равна 3,5 А. В начальный период работы в течение 2 с сила тока не превышает 10 А.

Нагреватель предназначен для установки на карбюраторах автомобилей ГАЗ, ВАЗ, УАЗ, ИЖ. Для его установки нужно ослабить гайки крепления карбюратора и в образовавшийся зазор вставить нагреватель. В зависимости от объема двигателя и температурных условий его эксплуатации в зимнее время на карбюратор можно устанавливать до четырех позисторных нагревателей.

Для дизелей разработан комплект позисторных нагревателей, состоящий из нагревателей заборника топлива в топливном баке, топливопроводов в топливной системе и нагревателя аккумуляторной батареи.

Позисторный нагреватель, предназначенный для установки на металлические топливные баки дизельных автомобилей, предотвращает образование парафиновых пробок на сетке топливозаборника в холодное время года. Нагреватель устанавливается снаружи топливного

бака. В зависимости от объема топливного бака и температуры окружающей среды на плате нагревателя может быть установлено от двух до четырех позисторных модулей.

Позисторный нагреватель, устанавливаемый с помощью хомутов на топливопроводе, также предотвращает образование парафиновых пробок в нем в холодное время года. Для автомобилей МАЗ, КамАЗ рекомендуется установка нагревателей на каждые 50–60 см длины топливопровода. В зависимости от условий теплоотвода нагреватель автоматически изменяет энергопотребление, ограничивая температуру топлива в топливопроводе до пожаробезопасных пределов. При напряжении питания 24 В средняя сила тока, потребляемого нагревателем, составляет 3 А. В течение первых 2 с работы двигателя сила тока не превышает 8 А. Масса нагревателя — 0,035 кг.

Позисторный нагреватель редуктора высокого давления природного газа предназначен для предупреждения выделения из газа конденсата и его замерзания в зоне клапана редуктора высокого давления на двигателях, работающих на газовом топливе. Нагреватель включается перед пуском двигателя в условиях низких температур и обеспечивает легкий пуск и устойчивую работу двигателя во время прогрева.

В системе подогрева аккумуляторных батарей в качестве нагревателей используются позисторные модули, встраиваемые в каждый ак-

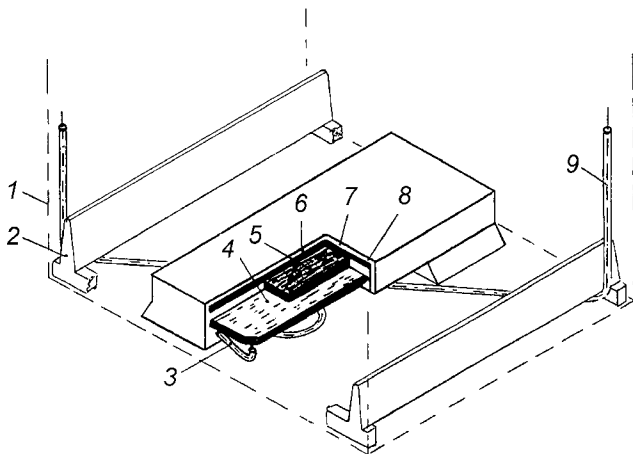


Рис. 5.11. Позисторный нагреватель для аккумуляторных батарей:

1 контуры аккумулятора; 2 призмы на дне моноблока; 3 петля подводящего провода; 4, 6 токопроводящие пластины; 5 позистор; 7 корпус нагревателя; 8 — скоба; 9 — электропровода

кумулятор батареи, благодаря чему обеспечивается равномерный прогрев всей батареи.

В пакетной конструкции нагревателя позистор размещается между двумя токопроводящими пластинами 4 и 6 (рис. 5.11), одновременно выполняющими функции теплообменников. Две полости конструкции заполняются теплопроводным герметиком. Вся конструкция заливается специальным компаундом, полимеризация которого производится при высокой температуре в вакууме. На токопроводящие провода для защиты от электролита надеваются дополнительные полиэтиленовые чехлы.

Энергопотребление позисторного нагревателя пакетной конструкции на одну аккумуляторную батарею номинальной емкостью 190 А·ч (при шести нагревателях) составляет 300 Вт при комнатной температуре и напряжении питания 28 В. Сила потребляемого тока в начале работы в течение 4 с не превышает 40 А. При этом рост температуры электролита прекращается после 3 ч работы и не превышает 45 °С.

5.8. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ПРЕДПУСКОВЫЕ ПОДОГРЕВАТЕЛИ

Жидкостный дизельный подогреватель ПЖД-30, устанавливаемый на автомобиле КамАЗ-740, включает в себя котел 2 (рис. 5.12) с горелкой, электромагнитный клапан 1 с форсункой и электронагревателем топлива, насосный агрегат 7 с электродвигателем, вентилятором, гидравлическим и топливным насосами, системы электроискрового розжига топливовоздушной смеси и дистанционного управления подогревателем.

Образование, воспламенение и сгорание топливовоздушной смеси происходит в съемной горелке 5 (рис. 5.13) котла 1. Первоначально зажигание смеси осуществляется электроискровой свечой 6, высокое напряжение к которой подводится от транзисторного коммутатора. Топливо из топливного бака подается к горелке топливным насосом и распыливается форсункой.

Расход топлива регулируется редукторным клапаном топливного насоса. В электромагнитном клапане и в форсунке предусмотрены фильтры тонкой очистки топлива. Электромагнитный топливный клапан предназначен для дистанционного включения и отключения подачи топлива в горелку подогревателя. Подогрев топлива для обеспечения устойчивого зажигания пламени в горелке осуществляется

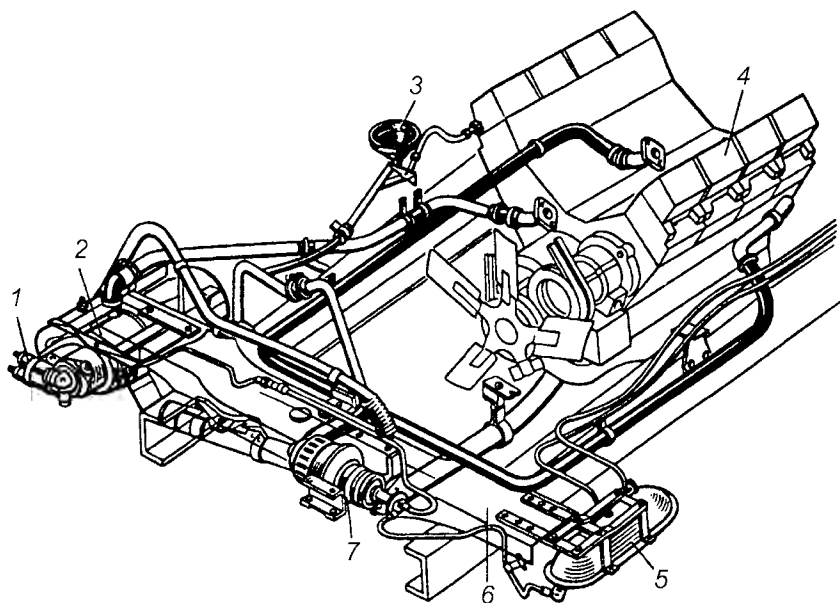


Рис. 5.12. Установка предпускового подогревателя ПЖД-30 на двигателе КамАЗ-740:
 1 — электромагнитный клапан; 2 — котел подогревателя; 3 — воронка для заливки жидкости; 4 — двигатель; 5 — топливный бачок; 6 — передняя поперечина рамы; 7 — насосный агрегат

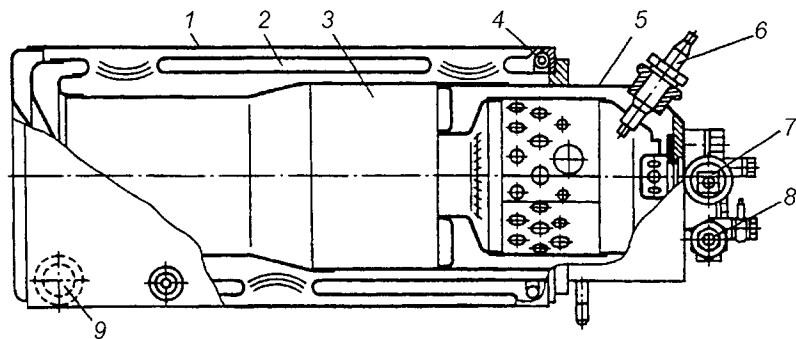


Рис. 5.13. Котел подогревателя ПЖД-30:
 1 — котел; 2, 3 — обратный и прямой газоходы; 4 — газовый нагреватель топлива; 5 — съемная горелка; 6 — свеча; 7 — электромагнитный клапан; 8 — электронагреватель топлива; 9 — патрубок подвода жидкости в котел

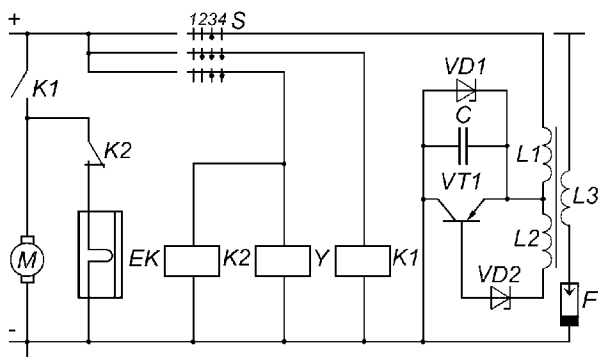


Рис. 5.14. Электрическая схема управления подогревателем ПЖД-30

штифтовым нагревателем топлива, установленным в приливе корпуса электромагнитного клапана.

Воздух под напором подается в горелку вентилятором. Для обеспечения циркуляции жидкости между котлом подогревателя и водяной рубашкой блока цилиндров в предпусковой период в насосный агрегат включен гидравлический насос. Привод гидравлического и топливного насосов, а также вентилятора осуществляется от одного электродвигателя.

Электрическая схема предусматривает возможность дистанционного управления подогревателем. В схеме используется переключатель S (рис. 5.14), имеющий четыре положения. Электродвигатель M насосного агрегата и электронагреватель EK топлива, потребляющие токи большой силы, включаются переключателем S через реле $K1$ и $K2$.

Для приведения в действие подогревателя переключатель S из положения 1 (все выключено) устанавливают в положение 2, включая электродвигатель M насосного агрегата и электронагреватель EK топлива. Через 15–20 с переключатель переводят в нефиксируемое положение 3. В этом положении включаются электромагнитный клапан Y и транзисторный коммутатор. После подключения транзисторного коммутатора к источнику питания через первичную обмотку $L1$ катушки зажигания проходит ток заряда конденсатора C . Индуцируемая при этом ЭДС в управляющей обмотке $L2$ открывает транзистор $VT1$. Сила тока в первичной обмотке и ЭДС в управляющей обмотке возрастают. Конденсатор C разряжается через открытый транзистор $VT1$. Когда сила тока в первичной обмотке достигает установившегося значения, ЭДС в управляющей обмотке не индуцируется и

транзистор закрывается. Сила тока в первичной обмотке и магнитный поток резко уменьшаются, и во вторичной обмотке $L3$ катушки зажигания индуцируется ЭДС, достаточная для пробоя искрового промежутка свечи зажигания E . Стабилитроны $VD1$ и $VD2$ обеспечивают защиту транзистора $VT1$ от перенапряжений.

При установившемся горении, признаком которого является равномерный гул в котле подогревателя, после снятия усилия с рукоятки переключателя она автоматически переходит в положение 4, при котором транзисторный коммутатор отключается, а электродвигатель M насосного агрегата продолжает работать.

5.9. ЖИДКОСТНЫЕ ПОДОГРЕВАТЕЛИ-ОТОПИТЕЛИ

В отличие от известных предпусковых подогревателей жидкостные подогреватели-отопители помимо предпускового подогрева двигателя обеспечивают автоматическое поддержание теплового состояния двигателя и отопление кабины как на стоянке, так и при движении. Подогреватель-отопитель автоматически прогревает двигатель до температуры, при которой обеспечивается надежный его пуск.

Жидкостный подогреватель-отопитель обычно состоит из двух основных частей: теплообменника 6 (рис. 5.15) и горелки 2. Трубы теп-

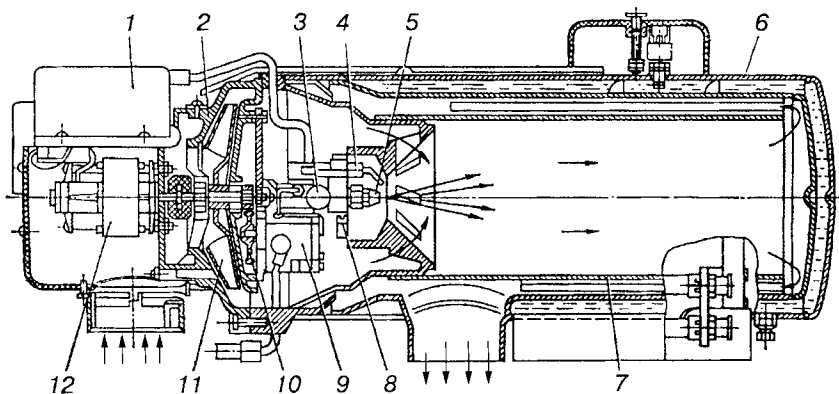


Рис. 5.15. Жидкостный подогреватель-отопитель:

1 — источник напряжения; 2 — горелка; 3 — магнитный клапан; 4 — электроды свечи зажигания; 5 — форсунка; 6 — теплообменник; 7 — жаровая труба; 8 — индикатор пламени; 9 — топливный насос; 10 — редуктор; 11 — вентиль; 12 — электродвигатель

лообменника с заглушенными днищами образуют "рубашку", в которой циркулирует охлаждающая жидкость. Внутри теплообменника находится жаровая труба 7 с завихрителем газового потока. Ввод и вывод охлаждающей жидкости и выпуск отработавших газов осуществляется через патрубки, приваренные к трубе теплообменника.

Горелка имеет металлический корпус, в котором размещены вентилятор, топливная форсунка, магнитный клапан, индикатор пламени и электроды свечи. Вентилятор 11 и топливный насос 9 приводятся в действие одним электродвигателем 12. Индикатор 8 пламени установлен около форсунки 5. В зависимости от яркости пламени горелки индикатор воздействует на высоковольтный источник 1 напряжения (коммутатор), включая или выключая его.

Коммутатор состоит из катушки зажигания, конденсатора и реле. Высокое напряжение подается на электроды свечи и обеспечивает воспламенение топливовоздушной смеси.

Электронная система управления подогревателя-отопителя включает в себя блок управления подогревателем А2 (рис. 5.16), высоковольтный источник напряжения G, электродвигатель М2 вентилятора, электромагнитный клапан Y, электродвигатель М1 циркуляционного

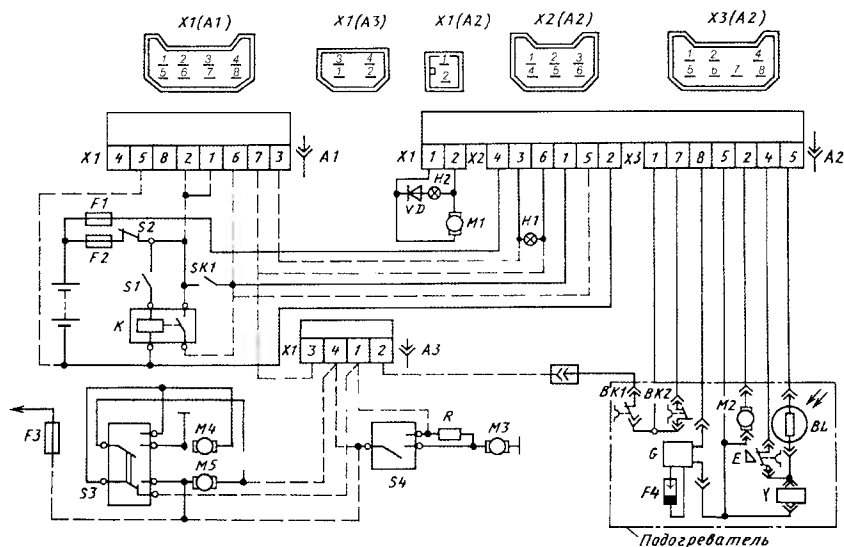


Рис. 5.16. Схема электронной системы управления жидкостным подогревателем-отопителем

насоса, выключатель жидкостного крана *S2*, разрядник *F4* (свеча), предохранители *F1–F3*, контрольные лампы *H1, H2* и соединительные колодки *X1–X3*.

Циркуляционный насос обеспечивает циркуляцию охлаждающей жидкости. Для включения циркуляционного насоса без розжига подогревателя-отопителя служит реле *K* с выключателем *S*.

Топливный насос в подогревателях-отопителях может быть с механическим или электромагнитным приводом.

При работе жидкостного подогревателя-отопителя вместе с обычным обогревателем кабины электродвигатель *M3* может включаться с помощью переключателя *S4*. Для включения электродвигателя *M3* служит датчик температуры *BK1*. По сигналам терморегулятора *A3* электродвигатель *M3* обычного отопителя включается и выключается в зависимости от температуры воздуха в кабине.

Возможны два варианта включения обычных отопителей: с одним электродвигателем *M3*, управляемым переключателем *S4*, и с двумя электродвигателями *M4* и *M5*, управляемыми переключателем *S3*.

Электронный терморегулятор и таймер устанавливаются в кабине, а остальные элементы системы управления — непосредственно на подогревателе-отопителе или в нем.

Электронная система управления обеспечивает: включение и выключение подогревателя-отопителя и его работу в автоматическом режиме; включение подогревателя в заданное время по сигналу таймера; принудительное выключение подогревателя-отопителя в случае срыва пламени или при предельно допустимом значении температуры жидкости в теплообменнике (100–115 °С).

Большинство модулей жидкостных подогревателей-отопителей рассчитаны на постоянную мощность, лишь отдельные из них выполнены двухрежимными: полной и частичной мощности. Режим частичной мощности является более экономичным и применяется в условиях, когда не требуется полная мощность.

6. СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

6.1. НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

6.1.1. Назначение систем зажигания

Система зажигания предназначена для воспламенения топливовоздушной смеси в цилиндрах бензинового двигателя. Топливовоздушная смесь воспламеняется в камере сгорания двигателя посредством электрического разряда между электродами свечи зажигания, установленной в головке цилиндров. Для создания искры между электродами свечи зажигания применяют системы зажигания от магнето и батарейные системы зажигания, источниками высокого напряжения в которых являются индукционные катушки.

Система зажигания включает в себя следующие основные элементы (рис. 6.1):

источник тока *ИТ*, функцию которого выполняет аккумуляторная батарея или генератор;

выключатель *ВК* цепи электроснабжения (выключатель зажигания);

датчик *Д* углового положения коленчатого вала;

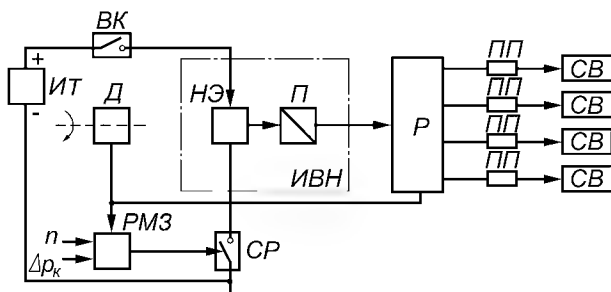


Рис. 6.1. Схема батарейной системы зажигания

регуляторы момента зажигания *РМЗ*, которые задают определенный момент подачи высокого напряжения на свечу в зависимости от частоты вращения n коленчатого вала, разрежения Δp_k во впускном трубопроводе и октанового числа бензина;

источник высокого напряжения *ИВН*, содержащий промежуточный накопитель энергии *НЭ* и преобразователь низкого напряжения в высокое;

силовое реле *СП*, в качестве которого могут служить механические контакты прерывателя или электронный ключ (транзистор или тиристор);

распределитель *Р* импульсов высокого напряжения по свечам;

помехоподавительные устройства *ПП* (экранирующие элементы системы зажигания или помехоподавительные резисторы);

свечи зажигания *СВ*, на которые подается высокое вторичное напряжение.

В батарейной системе зажигания источником энергии является аккумуляторная батарея или генератор (в зависимости от режима работы двигателя). Система зажигания от магнето принципиально отличается от батарейной тем, что источник электроэнергии в ней — магнитоэлектрический генератор, конструктивно объединенный с индукционной катушкой. Система зажигания от магнето в настоящее время на автомобилях практически не применяется, однако находит применение на пусковых бензиновых двигателях тракторных дизелей.

Система зажигания обеспечивает генерацию импульсов высокого напряжения в нужный момент времени на тактах сжатия в цилиндрах двигателя и их распределение по цилиндрам в соответствии с порядком их работы. Момент зажигания характеризуется углом опережения зажигания *УОЗ*, который представляет собой угол поворота коленчатого вала от положения в момент подачи искры до положения, когда поршень проходит через верхнюю мертвую точку *ВМТ*.

Электрическая искра вызывает появление в ограниченном объеме топливовоздушной смеси первых активных центров, от которых начинается развитие химической реакции окислирования топлива, сопровождающейся выделением теплоты. Процесс сгорания рабочей смеси разделяют на три фазы:

начальная, в которой формируется пламя, инициированное искровым разрядом в свече;

основная, в которой пламя распространяется на большую часть камеры сгорания;

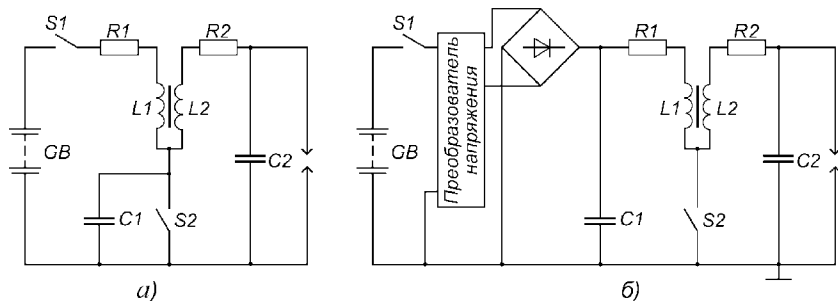


Рис. 6.2. Система зажигания с накоплением энергии:

а в магнитном поле; *б* в электрическом поле

конечная, в которой пламя догорает у стенок цилиндра.

Для бесперебойного искрообразования на свечу зажигания необходимо подать напряжение до 30 кВ.

Высокий уровень напряжения обеспечивает промежуточный источник энергии. По способу накопления энергии в промежуточном источнике различают системы с накоплением энергии в магнитном поле (в индуктивности) или в электрическом поле конденсатора (в емкости) (рис. 6.2). В обоих случаях для получения импульса высокого напряжения используется катушка зажигания, представляющая собой трансформатор (или автотрансформатор), содержащий две обмотки: первичную $L1$ с малым числом витков и сопротивлением в доли и единицы ома и вторичную обмотку $L2$ с большим числом витков и сопротивлением в единицы и десятки килоом.

Автотрансформаторная связь обмоток упрощает конструкцию и технологию изготовления катушки, а также несколько увеличивает вторичное напряжение. Коэффициент трансформации катушек зажигания находится в пределах 50–225.

В системах зажигания с накоплением энергии в катушках зажигания (в индуктивности) первичная обмотка $L1$ катушки подключается к источнику электроснабжения (на рис. 6.2, *а* к аккумуляторной батарее GB) последовательно через механический или электронный прерыватель $S2$. В системах зажигания с накоплением энергии в электрическом поле конденсатора (в емкости) первичная обмотка катушки периодически подключается к конденсатору управляемым электронным переключателем $S2$ (рис. 6.2, *б*). Конденсатор предварительно заряжается от источника электроснабжения на автомобиле через статический преобразователь напряжения.

6.1.2. Рабочий процесс бензинового двигателя

Как видно из индикаторной диаграммы (рис. 6.3), для рабочих циклов двигателя характерно значительное изменение давления p в цилиндрах. С изменением давления изменяется и температура топливовоздушной смеси. Сжатие топливовоздушной смеси начинается после закрытия впускного клапана в точке a_2 . Если смесь не воспламеняется, то давление в цилиндре повышается до максимального значения в момент прохождения поршнем ВМТ (штриховая линия). Более резкий рост давления в цилиндре после подачи искры в точке K обусловлен воспламенением и последующим сгоранием рабочей смеси. На такте расширения за счет теплоты, выделяемой при сгорании топлива, совершается полезная работа цикла.

Для большинства двигателей оптимальное положение точки z на диаграмме, когда давление сгорания достигает максимального значения, составляет $12-15^\circ$ угла φ_v поворота коленчатого вала после ВМТ.

Начальная фаза сгорания топливовоздушной смеси — фаза формирования фронта пламени — соответствует участку индикаторной диаграммы от момента подачи искры в точке K до точки m , когда давление в цилиндре в результате выделения теплоты сгорания топлива становится выше давления сжатия без подачи искры. На длительность данной фазы влияют состав смеси, степень сжатия, частота вращения коленчатого вала, нагрузка двигателя, параметры искрового разряда и другие факторы.

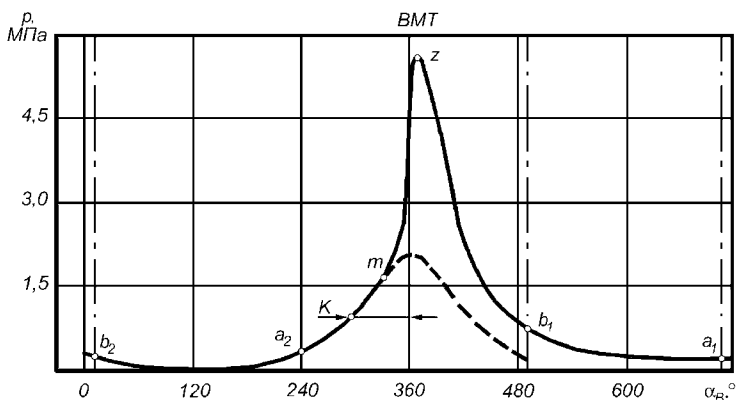


Рис. 6.3. Индикаторная диаграмма четырехтактного двигателя внутреннего сгорания:
 a_1 и a_2 — точки, соответствующие началу открытия и закрытия впускного клапана;
 b_1 и b_2 — точки, соответствующие открытию и закрытию выпускного клапана

После окончания начальной фазы до момента, когда давление достигает максимального значения, протекает основная фаза горения, которая мало зависит от физико-химических свойств рабочей смеси. С увеличением частоты вращения коленчатого вала возрастает турбулентность смеси и длительность начальной фазы уменьшается, однако одновременно уменьшается и длительность всего цикла сгорания. Поэтому угол φ_v поворота коленчатого вала, соответствующий основной фазе сгорания, изменяется незначительно. В течение основной фазы сгорает до 90 % рабочей смеси.

В конечной фазе (фазе догорания) сгорает рабочая смесь, находящаяся у стенок цилиндра. На длительность конечной фазы параметры искрового разряда не влияют, так как свеча находится в зоне уже полностью сгоревшей рабочей смеси.

Сгорание рабочей смеси на конечной стадии может сопровождаться возникновением ударных волн. Такое сгорание называется *детонационным*. Скорость детонационного сгорания превышает скорость распространения фронта пламени при нормальном протекании процесса сгорания. Внешним проявлением детонации является звонкий "металлический" звук, возникающий при отражении ударных волн от стенок цилиндра. Детонационное сгорание сопровождается повышенными тепловыми и механическими нагрузками на детали цилиндропоршневой группы. Детонация устраняется уменьшением УОЗ.

Воспламенение топливовоздушной смеси электрической искрой происходит благодаря локальному тепловыделению (тепловая теория) или сильной ионизации газа (ионизационная теория). Температура нагрева небольшого объема топливовоздушной смеси около электродов свечи зажигания и требуемая для воспламенения энергия искры зависят от состава смеси и степени ее турбулизации, которая, в свою очередь, зависит от режимов работы двигателя и организации процессов топливоподачи и поступления рабочего заряда в цилиндры.

6.1.3. Классификация батарейных систем зажигания

Батарейные системы зажигания можно классифицировать по шести основным признакам (рис. 6.4):

- способу синхронизации подачи искры в цилиндры;

- способу регулирования угла опережения зажигания;

- способу накопления энергии;

- типу силового реле, размыкающего цепь первичной обмотки катушки зажигания;

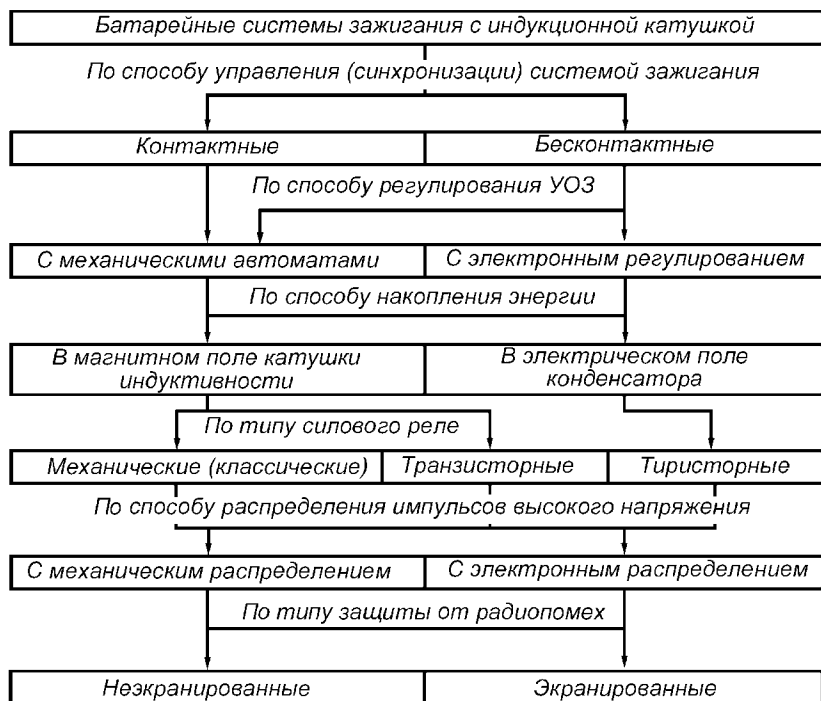


Рис. 6.4. Классификация батарейных систем зажигания

способу распределения импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя;

типу защиты от радиопомех.

В системах с накоплением энергии в электрическом поле невозможно накопить достаточную для воспламенения топливовоздушной смеси энергию в конденсаторе приемлемых размеров при низком напряжении системы электрооборудования автомобиля. Поэтому в схему такой системы зажигания вводится преобразователь напряжения, что усложняет схему и не дает существенных преимуществ, поэтому системы зажигания с накоплением энергии в электрическом поле конденсатора (в емкости) на автомобилях практически не применяются.

При накоплении энергии в емкости цепь первичной обмотки катушки зажигания размыкает управляемый тиристор. Такие системы называют тиристорными. В тиристорных системах катушка зажига-

ния не накапливает энергию, что является функцией конденсатора, а только преобразует напряжение.

Для тиристорных систем зажигания характерна высокая скорость роста вторичного напряжения, что обеспечивает надежное искрообразование при загрязненном и покрытом нагаром изоляторе свечи. Так как конденсатор успевает полностью зарядиться на всех режимах работы двигателя, вторичное напряжение остается практически неизменным при изменении частоты вращения коленчатого вала.

При пуске двигателя, его работе на режимах частичных нагрузок и на очень обедненных топливовоздушных смесях важную функцию выполняет индуктивная составляющая искры, продолжительность которой в системах с накоплением энергии в индуктивности составляет 1,5–2,0 мс, а в тиристорных системах зажигания не превышает 300 мкс.

Нормирование времени накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания средствами электроники позволило практически исключить зависимость вторичного напряжения от частоты вращения коленчатого вала и от шунтирующего сопротивления нагара на изоляторе свечи. Благодаря отмеченным преимуществам системы зажигания с накоплением энергии в индуктивности нашли широкое распространение на автомобильных бензиновых двигателях.

По способу управления системы зажигания подразделяют на контактные и бесконтактные. При контактном управлении возникают проблемы, связанные с износом, разрегулировкой контактов и их вибрацией при высоких частотах вращения валика распределителя. Избежать указанные недостатки контактных систем можно применением системы зажигания с бесконтактным управлением.

УОЗ регулируется механическими центробежными и вакуумными автоматами, а также электронными системами. Механические автоматы во время эксплуатации изнашиваются, что приводит к появлению погрешностей при регулировании момента искрообразования. Эффективность процесса сгорания снижается. Кроме того, механические автоматы реализуют сравнительно простые зависимости УОЗ от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя.

Системы с электронным управлением регулируют УОЗ по большому числу параметров, обеспечивая оптимальный УОЗ для различных режимов и условий работы двигателя. Способы реализации элек-

тронных систем управления могут быть аналоговыми и цифровыми. Наиболее совершенными являются цифровые системы зажигания с применением интегральных схем средней и большой степеней интеграции, а также микропроцессорные системы.

На автомобилях высокого класса и некоторых спецмашинах требуется максимально возможное снижение радиопомех. Для этого высоковольтные аппараты и провода системы зажигания экранируются.

В качестве силовых реле, размыкающих и замыкающих цепь первичной обмотки катушки зажигания, используются контактные пары с механическим управлением, транзисторные и тиристорные прерыватели.

6.1.4. Требования к системам зажигания

Основными тенденциями развития автомобильных бензиновых двигателей являются:

- повышение экономичности;
- снижение токсичности отработавших газов;
- увеличение удельной мощности;
- повышение частоты вращения коленчатого вала и степени сжатия;
- уменьшение затрат времени и трудоемкости при техническом обслуживании в эксплуатации.

Все перечисленные тенденции отражаются на конструкции двигателя и его системы зажигания.

Повышение экономичности и снижение токсичности отработавших газов двигателей достигается за счет обеднения состава топливовоздушной смеси, повышения степени сжатия, совершенствования конструкций камер сгорания и впускных трубопроводов, увеличения зазора в свечах, использования близких к детонационным процессам сгорания топливовоздушной смеси.

К системам зажигания современных бензиновых двигателей предъявляются следующие требования:

вторичное напряжение должно быть достаточным для пробоя искрового промежутка между электродами свечи зажигания и обеспечения бесперебойного искрообразования на всех режимах работы двигателя;

энергия и длительность искрового разряда должна обеспечивать надежное воспламенение топливовоздушной смеси при пуске и на всех режимах самостоятельной работы двигателя;

скорость нарастания вторичного напряжения должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить надежное искрообразование при наличии нагара и загрязнений на изоляторе свечи;

регулирование УОЗ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки двигателя, температуры окружающей среды и ряда других параметров должно быть автоматическим;

электронные изделия системы зажигания должны сохранять работоспособность при возникновении в системе электрооборудования импульсных перенапряжений;

вторичное напряжение, развиваемое системой зажигания, должно с определенным запасом превышать напряжение пробоя искрового промежутка свечи;

система зажигания должна надежно работать при ее экранировании и применении других помехоподавительных устройств.

При сравнительно низкой стоимости и простоте конструкций аппаратов зажигания классической контактной системе зажигания присущи серьезные недостатки:

малый запас по вторичному напряжению при низких и высоких частотах вращения коленчатого вала у многоцилиндровых двигателей;

недостаточная энергия искрового разряда из-за ограниченной силы тока в первичной цепи катушки зажигания;

изнашивание контактов и кулачка прерывательного механизма вследствие электрической эрозии, что приводит к асинхронизму искрообразования и необходимости систематического технического обслуживания в эксплуатации (зачистка контактов, регулирование зазора между ними);

возможность перегрева катушки зажигания при низких частотах вращения коленчатого вала и выключенном выключателе зажигания после остановки двигателя;

разброс характеристик центробежных и вакуумных автоматов, приводящий к существенным погрешностям регулирования момента зажигания;

невозможность реализации сложных функций управления процессом зажигания с помощью электромеханических аппаратов.

Важнейшее требование к системе зажигания — автоматическое обеспечение заданных характеристик на всех режимах работы двигателя, включая режим пуска холодного двигателя при низких температурах. Реализация сложных законов управления процессами воспламенения и сгорания топливовоздушных смесей в цилиндрах двигате-

для возможна только при использовании систем зажигания с электронным регулированием УОЗ.

Для увеличения вторичного напряжения необходимо увеличивать силу тока разрыва первичной цепи катушки зажигания, что в электронных системах зажигания обеспечивается применением полупроводниковых силовых ключей. Наибольшее распространение в качестве электронных ключей нашли мощные транзисторы, которые могут коммутировать токи до 10 А при индуктивной нагрузке без искрения и механических повреждений, характерных для прерывательного механизма классических контактных систем зажигания.

Основными параметрами, характеризующими систему зажигания, являются:

коэффициент K , запаса по вторичному напряжению;

максимальное вторичное напряжение U_{2m} ;

скорость роста по времени τ вторичного напряжения $dU_2/d\tau$;

энергия W_p искрового разряда и длительность его индуктивной составляющей;

длина искрового промежутка между электродами свечи зажигания;

момент зажигания (УОЗ θ).

6.1.5. Коэффициент запаса по вторичному напряжению

Коэффициент K , запаса по вторичному напряжению представляет собой отношение максимального вторичного напряжения U_{2m} , развиваемого системой зажигания, к напряжению пробоя U_n .

Напряжение пробоя по закону Пашена зависит от давления p в камере сгорания в момент искрообразования, длины δ искрового промежутка между электродами свечи и абсолютной температуры T рабочей смеси в зоне искрового промежутка в момент его пробоя:

$$U_n = f(p\delta/T).$$

Кроме того, напряжение пробоя зависит от состава топливовоздушной смеси по коэффициенту избытка воздуха α , скорости движения и степени турбулизации рабочей смеси в зоне искрового промежутка свечи, материала, формы и температуры электродов свечи, скорости роста и полярности подаваемого на электроды вторичного напряжения.

После 1,5–2,0 тыс. км пробега автомобиля изменяется форма электродов свечи в результате электроэрозии. Электрическое поле

между электродами свечи становится более равномерным, что приводит к увеличению напряжения пробоя на 20–25 %. После 2,0–2,5 тыс. км пробега автомобиля напряжение пробоя возрастает вследствие износа электродов свечи и увеличения длины искрового промежутка. По данной причине в пределах гарантийного пробега автомобиля напряжение пробоя также может увеличиться на 20–25 %. Следовательно, за время гарантийного пробега, после которого предусматривается регулирование зазора между электродами свечи, напряжение пробоя возрастает на 40–50 %. Поэтому при проектировании системы зажигания коэффициент запаса по вторичному напряжению принимается большим 1,5. В экранированных системах зажигания коэффициент K должен быть еще больше.

Величина напряжения пробоя существенно выше при пуске холодного двигателя по сравнению с рабочими режимами, так как стенки цилиндра, электроды свечи и поступающая в цилиндры топливовоздушная смесь имеют низкую температуру. Топливовоздушная смесь плохо перемешана и содержит неиспарившиеся во впускном тракте капли топлива, которые, попадая между электродами свечи, повышают напряжение пробоя на 15–20 % или полностью исключают искрообразование.

Напряжение пробоя несколько возрастает при разгоне коленчатого вала двигателя после его пуска и в большинстве случаев уменьшается с увеличением частоты вращения коленчатого вала на рабочих режимах двигателя.

6.1.6. Энергия искры

На начальную фазу сгорания топливовоздушной смеси влияют энергия и длительность искрового разряда между электродами свечи зажигания. На рабочих режимах к моменту искрообразования топливовоздушная смесь имеет температуру, близкую к температуре самовоспламенения, поэтому для формирования первоначального очага пламени достаточна энергия электрического разряда около 5 мДж. Однако при пуске двигателя и работе его в режиме холостого хода, на обедненной топливовоздушной смеси, а также при частичном и резком открытиях дроссельной заслонки может потребоваться энергия до 30–100 мДж.

С увеличением длительности индуктивной фазы искрового разряда можно расширить диапазон воспламеняемости смеси в сторону ее обеднения, что способствует повышению экономичности двигателя.

От энергии искры в значительной мере зависят экономичность и устойчивость работы двигателя, а также полнота сгорания топливовоздушной смеси и токсичность отработавших газов.

6.1.7. Момент зажигания

Топливовоздушная смесь в цилиндрах должна воспламеняться в определенный момент в зависимости от режима работы двигателя. В таком случае обеспечиваются наилучшие показатели двигателя по выбранному критерию (мощности, экономичности или токсичности). Работа двигателя будет наиболее эффективной, если давление в цилиндре достигает максимального значения p_z (рис. 6.5, кривая 2) через 10–15° угла φ поворота коленчатого вала на такте расширения после прохождения поршнем ВМТ.

При позднем зажигании топливовоздушной смеси ее догорание будет происходить на такте расширения при быстро увеличивающемся объеме цилиндра и поверхности теплоотдачи. В результате уменьшаются максимальное давление сгорания топливовоздушной смеси (см. рис. 6.5, кривая 3), развиваемая двигателем мощность, происходит перегрев системы выпуска отработавших газов и увеличивается количество токсичных компонентов, выбрасываемых в окружающую среду.

При слишком раннем зажигании большая часть топливовоздушной смеси сгорает на такте сжатия и давление газов в цилиндре может достигнуть максимума до прихода поршня в ВМТ. В таком случае не только уменьшается мощность, но и резко возрастают нагрузки на детали шатунно-поршневой группы, что ускоряет их изнашивание. При раннем зажигании вероятность возникновения детонации больше (см. рис. 6.5, кривая 1).

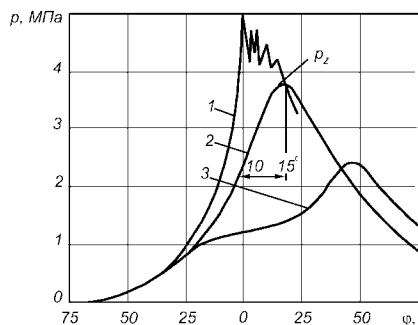


Рис. 6.5. Индикаторные диаграммы двигателя при различных углах опережения зажигания:

1, 2, 3 — соответственно при раннем, нормальном и позднем зажигании; p_z — максимальное давление сгорания

Оптимальный УОЗ зависит от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Для того чтобы топливовоздушная смесь успела сгореть, с увеличением частоты вращения коленчатого вала УОЗ необходимо увеличивать. С ростом нагрузки при постоянной частоте вращения коленчатого вала увеличивается степень открытия дроссельной заслонки карбюратора, что способствует лучшему наполнению цилиндров и уменьшению продолжительности процесса сгорания, поэтому УОЗ необходимо уменьшать.

В многоцилиндровых двигателях система зажигания должна обеспечивать подачу высокого напряжения к свечам в строго определенной последовательности в соответствии с порядком работы цилиндров. Важным требованием к системам зажигания является сохранение стабильности ее параметров и регулировочных характеристик во время эксплуатации автомобиля, так как даже небольшое их изменение снижает мощностные показатели двигателя, ухудшает его экономичность и повышает содержание токсичных веществ в отработавших газах.

6.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

6.2.1. Преобразование энергии источника тока в энергию искрового разряда

Протекание рабочих процессов в системе зажигания можно разделить на три этапа:

накопление энергии в одном из реактивных элементов электрической схемы (в индуктивности или в емкости);

индуктирование импульса высокого напряжения во вторичной цепи катушки зажигания;

пробой искрового промежутка между электродами свечи зажигания и выделение энергии в искровом разряде.

В системе зажигания с накоплением энергии в индуктивности первый этап начинается после замыкания цепи питания первичной обмотки катушки зажигания. Сила тока в первичной обмотке, имеющей не только активное, но и реактивное сопротивление, нарастает постепенно по экспоненциальному закону (рис. 6.6, а):

$$i_1 = U_{AB}(1 - \exp R_1 / L_1) / R_1 ,$$

где U_{AB} — напряжение аккумуляторной батареи; R_1 — активное сопротивление первичной цепи; L_1 — индуктивность первичной цепи; t — текущее значение времени.

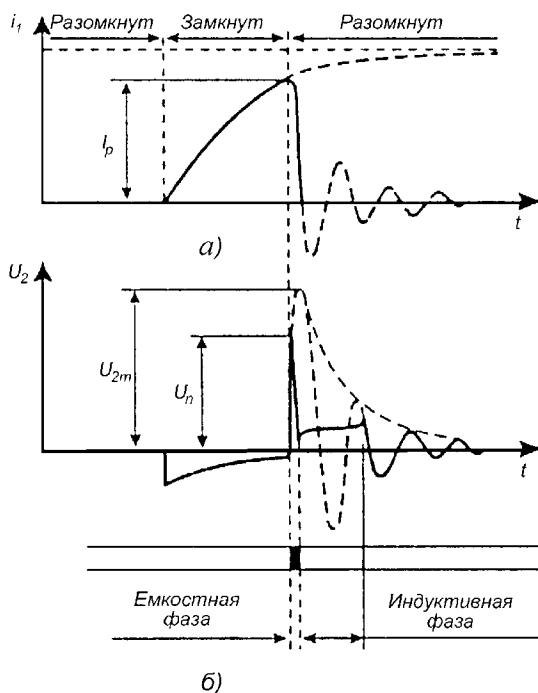


Рис. 6.6. Временные диаграммы:

а — силы тока в первичной цепи катушки зажигания; *б* — напряжения вторичной цепи напряжения

Нарастающая сила первичного тока стремится достигнуть максимального значения $I_{1m} = U_{AB}/R_1$. Максимальная энергия, которую можно накопить в индуктивном элементе, определяется по формуле

$$W_{Lm} = 0,5 L_1 I_{1m}^2.$$

В системе зажигания с накоплением энергии в емкости по экспоненциальному закону нарастает напряжение заряда конденсатора. Энергия, которую можно накопить в электрическом поле конденсатора, $W_c = 0,5 C_1 U_c^2$, где U_c — напряжение на выводах конденсатора в момент его подключения к первичной обмотке катушки зажигания; C_1 — емкость конденсатора.

Нарастание тока в первичной обмотке катушки в системе зажигания с накоплением энергии в индуктивности происходит в течение

определенного времени, которое зависит от частоты следования искровых разрядов, а следовательно, от числа цилиндров и частоты вращения коленчатого вала двигателя. К моменту размыкания первичной цепи сила тока возрастает до силы тока разрыва I_p . Время полного цикла замкнутого и разомкнутого состояния первичной цепи катушки зажигания определяется по формуле

$$T = 120 / (Z_{\text{ц}} n),$$

где $Z_{\text{ц}}$ — число цилиндров двигателя.

Время замкнутого состояния первичной цепи $t_{\text{з.с}} = v_{\text{з.с}} T$ зависит от относительного времени $v_{\text{з.с}}$ роста силы тока в первичной цепи (относительного времени замкнутого состояния контактов прерывателя в контактной системе зажигания или относительного времени, в течение которого силовой транзистор электронной системы зажигания находится в состоянии насыщения).

После отключения первичной обмотки катушки зажигания от источника электроснабжения в первичной цепи образуется колебательный контур, содержащий катушку индуктивности LI , конденсатор емкостью C_1 (активное сопротивление), в котором возникают затухающие колебания силы тока I_1 и напряжения U_1 первичной цепи. Емкость C_1 первичной цепи в контактной системе зажигания — емкость конденсатора, подключаемого параллельно контактам прерывателя. Применение конденсатора в контактной системе зажигания обусловлено необходимостью уменьшения скорости роста напряжения первичной цепи в начальный момент размыкания контактов. При малых частотах вращения коленчатого вала и, следовательно, низкой скорости размыкания контактов напряжение U_1 превысит напряжение пробоя воздушного пространства между контактами, в результате чего в межконтактном промежутке возникает электрическая дуга, которая поглощает значительную часть запасаемой в магнитном поле катушки зажигания энергии. Это приводит к интенсивному электроэрозионному изнашиванию контактов и снижению напряжения вторичной цепи. Выбор емкости C_1 связан с поиском компромисса между двумя противоречивыми требованиями. Увеличение емкости C_1 способствует устранению дугообразования, но при этом уменьшаются скорость исчезновения магнитного поля и напряжения вторичной цепи. В системах с механическим прерывателем тока в первичной цепи катушки зажигания оптимальной является емкость в пределах 0,22–0,28 мкФ.

В системах зажигания с электронным коммутирующим устройством первичной цепи емкостный элемент обеспечивает переключение мощного транзистора с минимальным рассеянием мощности. Для не-

которых типов высокочастотных транзисторов наличие емкостного элемента не обязательно.

Вторичная обмотка вместе с конденсатором емкостью C_2 вторичной цепи также образуют колебательный контур, индуктивно связанный с колебательным контуром первичной цепи. При отсутствии пробоя искрового промежутка свечи колебания напряжения U_2 вторичной цепи, так же как и напряжение U_1 первичной цепи, будут затухающими. Максимальная амплитуда колебаний вторичного напряжения U_{2m} представляет собой высоковольтный импульс (рис. 6.6, б).

В системе индуктивно связанных контуров энергия, запасенная в магнитном поле катушки зажигания, преобразуется в энергию электрического поля конденсаторов емкостью C_1 и C_2 и частично выделяется в виде теплоты на активных элементах первичной и вторичной цепей и в магнитопроводе катушки зажигания.

Уравнение баланса энергии имеет вид:

$$\frac{L_1 I_p^2}{2} - \frac{C_1 U_{1m}^2}{2} + \frac{C_2 U_{2m}^2}{2} + A,$$

где U_{1m} и U_{2m} — соответственно максимальные напряжения заряда емкостей первичной и вторичной цепей; A — тепловые потери.

Поскольку катушка зажигания является трансформатором, максимальное напряжение вторичной цепи может быть найдено по формуле

$$U_{2m} = K_T U_{1m},$$

где K_T — коэффициент трансформации, представляющий собой отношение числа витков w_1 первичной обмотки к числу витков w_2 вторичной обмотки катушки зажигания.

Исходя из баланса энергии, максимальное напряжение вторичной цепи определяется по формуле

$$U_{2m} = I_p K_T \eta_n \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2 K_T^2}},$$

где η_n — коэффициент, учитывающий потери энергии на активных элементах и в магнитопроводе катушки, равный 0,7–0,8.

Сила тока I_p разрыва первичной цепи возрастает с уменьшением ее индуктивности L_1 , так как сила тока первичной цепи будет нарастать быстрее и при том же времени подключения первичной обмотки катушки зажигания к источнику электроснабжения достигнет большего значения. При этом должно возрасти напряжение вторичной цепи.

Однако чрезмерное уменьшение индуктивности L_1 может привести к уменьшению напряжения вторичной цепи. Следовательно, для различных комбинаций параметров системы зажигания должно существовать оптимальное значение индуктивности L_1 . Значения индуктивности L_1 в системах с накоплением энергии в магнитном поле находятся в пределах 3–10 мГн.

Увеличить силу тока I_p разрыва первичной цепи можно за счет уменьшения сопротивления R_1 , повышения напряжения на выводах первичной обмотки и большего времени $\tau_{\text{нс}}$ подключения катушки зажигания к источнику. Однако в контактной системе зажигания сила тока разрыва не должна превышать 3,5–5,0 А, в противном случае контакты быстро подгорают и выходят из строя.

С уменьшением емкости C_1 вторичное напряжение возрастает, но до определенного предела, когда резко возрастают потери энергии на дугообразование между контактами.

Напряжение вторичной цепи должно уменьшаться с увеличением емкости C_2 , которая складывается из емкостей вторичной обмотки катушки зажигания (40–50 пФ), распределителя (15–25 пФ), свечей зажигания (емкость каждой свечи около 60 пФ) и высоковольтных проводов (0,9–1,2 пФ). Уменьшать емкость C_2 ниже определенного предела, составляющего 40–70 пФ, невозможно. Емкость C_2 зависит от конструктивного исполнения элементов системы зажигания и существенно увеличивается при их экранировании.

Поскольку в системе зажигания с накоплением энергии в электрическом поле конденсатора катушка зажигания не является накопителем энергии, индуктивность ее первичной обмотки можно выбирать в пределах 0,1–10 мГн, т.е. в большем диапазоне, чем для систем с накоплением энергии в магнитном поле.

Следующий этап рабочего процесса системы зажигания начинается, когда напряжение U_2 вторичной цепи на первой полуволне высоковольтного импульса становится равным напряжению пробоя. Напряжение, достаточное для пробоя, должно быть существенно меньше напряжения U_{2m} . Так как в момент пробоя межэлектродного пространства свечи не вся энергия магнитного поля катушки зажигания преобразуется в энергию электрического поля емкостью C_1 и C_2 , искровой разряд имеет емкостную и индуктивную составляющие.

Емкостная фаза разряда наблюдается в виде яркой искры голубоватого цвета. В данной фазе сила тока достигает единиц и десятков ампер. Продолжительность емкостной фазы разряда не превышает 1–2 мкс. Емкостный разряд сопровождается специфическим треском.

Индуктивный разряд происходит при значительно меньшем вторичном напряжении (0,7–1,0 кВ). Сила тока в этой фазе искрового разряда составляет 40–100 мА. Индуктивный разряд происходит в течение 1–1,5 мс и имеет желтоватый или красновато-фиолетовый цвет. В контактных системах зажигания во время индуктивной фазы разряда выделяется энергия 15–20 мДж.

Воспламенение топливовоздушной смеси обеспечивается в основном емкостной составляющей разряда. Благодаря большей продолжительности индуктивный разряд способствует большему нагреву начального объема уже воспламенившейся смеси, что очень важно для режима пуска холодного двигателя.

6.2.2. Распределение высокого напряжения по цилиндрам двигателя

В системах зажигания используют два способа распределения высокого напряжения по цилиндрам двигателя — высоковольтный и низковольтный. Высоковольтный способ реализуется с помощью распределителя в высоковольтной вторичной цепи катушки зажигания (рис. 6.7, а). Для систем зажигания с низковольтным распределением искровых разрядов характерно наличие распределительного устройства (коммутатора) в низковольтной цепи одной или нескольких катушек (рис. 6.7, б).

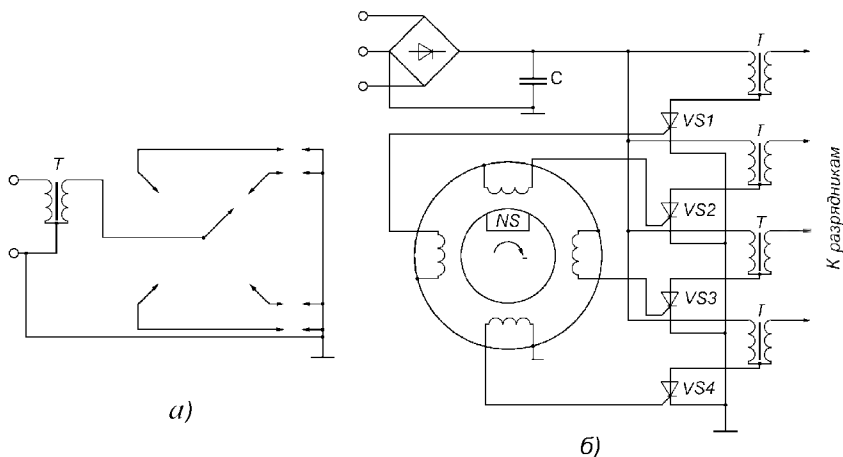


Рис. 6.7. Способы распределения вторичного напряжения по цилиндрам двигателя:
а — высоковольтный; б — низковольтный

При распределении искровых разрядов на высоковольтной стороне (см. рис. 6.7, *а*) вывод вторичной обмотки катушка зажигания соединяют с электродом (бегунком), находящимся на одном валу с кулачком механического прерывателя или ротором бесконтактного датчика. Вращающийся бегунок, проходя около каждого из электродов крышки распределителя, последовательно, в соответствии с порядком работы цилиндров, соединяют высоковольтную цепь катушки со свечами зажигания. Прохождение электрода бегунка мимо электродов крышки распределителя должно быть строго синхронизировано с моментом прерывания тока в первичной цепи катушки зажигания и возникновением в ее вторичной обмотке высоковольтного импульса. При высоковольтном способе распределения вторичного напряжения можно применять одну катушку зажигания для двигателей с числом цилиндров до восьми. Однако при таком способе распределения увеличивается длина высоковольтных проводов, их емкость, и снижается напряжение вторичной цепи. В воздушном зазоре между электродами бегунка и крышкой распределителя при подаче высоковольтного импульса к свечам проскакивает искра, которая является дополнительным источником радиопомех. Для изготовления деталей высоковольтных аппаратов необходимо применять стойкие к высокому напряжению изоляционные материалы.

При низковольтном способе распределения искровых разрядов в системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле (см. рис. 6.7, *б*) к конденсатору C можно подсоединить параллельно столько управляемых переключателей, сколько цилиндров у двигателя. Каждый переключатель, в качестве которых обычно используются тиристоры, работает на соединенную с ним катушку зажигания, выполняющую в конденсаторной системе функцию только преобразователя напряжения. Порядок чередования искр задается генераторным датчиком-распределителем, имеющим равное числу цилиндров двигателя число независимых обмоток на статоре. Импульсы управления, формируемые в обмотках статора, подаются на тиристоры $VS1-VS4$ (для четырехцилиндрового двигателя), которые подключают первичные обмотки катушек к накопительному конденсатору.

Низковольтный способ распределения может быть реализован и в системах зажигания с накоплением энергии в магнитном поле катушки зажигания. Поскольку в таких системах катушка выполняет функции преобразователя напряжения и накопителя энергии, ее параметры по индуктивности обмоток выше, чем у катушек в системах с накоплением энергии в емкости. Период накопления энергии в них больше, чем в конденсаторных системах, поэтому низковольтный способ распреде-

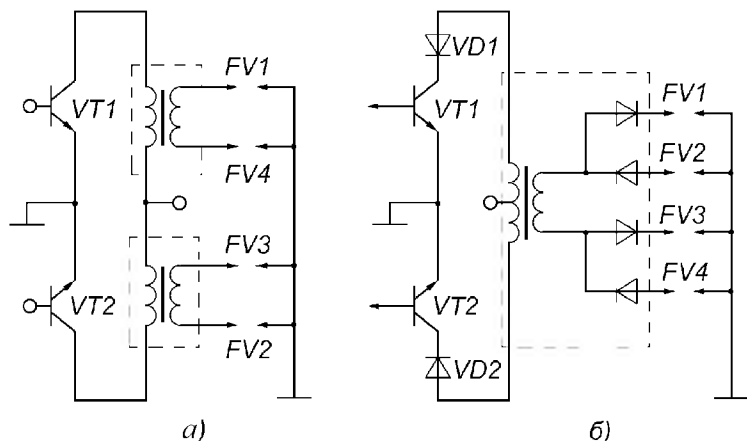


Рис. 6.8. Схемы низковольтного распределения вторичного напряжения:

а — с двумя двухвыводными катушками зажигания; *б* — с одной четырехвыводной катушкой

ления можно применять только при малом числе цилиндров и относительно низких частотах вращения коленчатого вала двигателя.

Для низковольтного распределения импульсов высокого напряжения на двух- и четырехцилиндровых двигателях применяют двух- и четырехвыводные катушки зажигания (рис. 6.8). Появление высоковольтных импульсов высокого напряжения на свечах обеспечивается попеременным открытием и закрытием транзисторов *VT1* и *VT2* (рис. 6.8, *а*).

Вторичные обмотки катушек в схеме на рис. 6.8, *а* подсоединены попарно к свечам цилиндров четырехтактного четырехцилиндрового двигателя, в которых процессы сжатия сдвинуты на один оборот коленчатого вала. Искрообразование происходит одновременно в свечах этих двух цилиндров, но в одном — на такте сжатия, а в другом — на такте расширения. Воспламенение топливовоздушной смеси происходит в цилиндре, в котором заканчивается такт сжатия. В парном цилиндре энергия искрового разряда расходуется холостую.

Основная часть энергии, которая поступает во вторичную цепь катушки зажигания, выделяется при возникновении искрового разряда между электродами свечи в цилиндре, в котором заканчивается такт сжатия. В тот же момент в парном цилиндре открыты впускной и выпускной клапаны, избыточное давление отсутствует и в искровом промежутке свечи зажигания выделяется энергия, приблизительно равная энергии, выделяемой в воздушном зазоре между бегунком и контактами в крышке распре-

делителя. В данном цилиндре сжатие и эффективное искрообразование произойдут через один оборот коленчатого вала двигателя. Таким образом, через каждые пол-оборота коленчатого вала искрообразование будет происходить на такте сжатия с последовательностью, соответствующей порядку работы цилиндров двигателя (1–3–4–2 или 1–2–4–3).

Четырехвыводная катушка (рис. 6.8, б) имеет двухсекционную первичную обмотку и одну вторичную обмотку, концы которой соединены с двумя парами свечей. Полярность высоковольтного импульса во вторичной обмотке изменяется при поочередном включении транзисторов $VT1$ и $VT2$, так как при этом изменяется направление магнитного потока в магнитопроводе катушки. Высоковольтные диоды на стороне вторичной обмотки при одной полярности импульса обеспечивают протекание тока высокого напряжения через свечи $F1$ и $F4$, а при другой через свечи $F2$ и $F3$. Взаимное влияние связанных индуктивно первичных обмоток в период образования высоковольтного импульса предотвращается включением в цепи электроснабжения обеих секций первичной обмотки разделительных диодов $VD1$ и $VD2$.

6.2.3. Особенности рабочего процесса транзисторной системы зажигания

Классические контактные и транзисторные системы зажигания мало отличаются по характеру протекания процессов увеличения силы тока в первичной цепи и разрядных процессов во вторичной цепи катушки зажигания. Различие в основном заключается в том, что происходит в первичной цепи при размыкании контактов в классической системе и при переходе выходного транзистора коммутатора в состояние отсечки в транзисторных системах зажигания.

Запирание транзистора, т.е. переход транзистора из состояния насыщения в состояние отсечки, может происходить в течение нескольких микросекунд. За это время напряжение первичной цепи может существенно возрасти, а напряжение вторичной цепи увеличится незначительно, так как свободные колебания силы тока и напряжения в катушке зажигания, которые вызывают появление высокого напряжения во вторичной цепи, начинаются после запирания транзистора.

В процессе перехода транзистора в состояние отсечки и при свободных колебаниях в первичном и вторичном контурах катушки зажигания рабочая точка транзистора не должна выходить за пределы зоны безопасной работы транзистора в импульсном режиме. Сила тока в первичной цепи не должна превышать максимально допустимой силы

тока коллектора транзистора, а напряжение на эмиттер-коллекторном переходе не должно быть больше граничного значения — напряжения первичного пробоя.

Граничное напряжение зависит от условий запириания транзистора. Напряжение пробоя эмиттер-коллекторного перехода транзистора всегда меньше напряжения пробоя диодного перехода база—коллектор, что обусловлено возникновением эффекта лавинного умножения носителей тока в коллекторном переходе. Граничное напряжение меньше при обрыве цепи базы и больше при активном запириании транзистора. Если допустимый уровень граничного напряжения выше, можно уменьшить коэффициент трансформации катушки, увеличить индуктивность ее первичной обмотки, уменьшить силу тока разрыва первичной цепи и, следовательно, температуру нагрева элементов системы зажигания.

ЭДС, индуцируемая в первичной обмотке катушки зажигания при запириании транзистора или при возникновении свободных колебаний в первичном и вторичном контурах системы зажигания, как правило, ограничивается стабилитроном.

В коммутаторах электронных систем зажигания транзисторы обычно работают в ключевом режиме. Параметрами, характеризующими транзисторный ключ, являются:

- сила тока коммутации;

- падение напряжения на эмиттерном переходе транзистора в состоянии насыщения (или сопротивление насыщения);

- время коммутации;

- допустимое напряжение на эмиттер-коллекторном переходе транзистора в состоянии отсечки.

Сила тока коммутации мощных выходных транзисторов в коммутаторах электронных систем зажигания находится в пределах 5—10 А. Сопротивление насыщения и, как следствие, падение напряжения на эмиттер-коллекторном переходе зависят от материала полупроводника и способа изготовления транзистора. У германиевых транзисторов сопротивление насыщения составляет 0,05—0,2 Ом, а для кремниевых может достигать 0,5 Ом.

Время коммутации тока транзисторным ключом определяется физическими свойствами транзистора и видом нагрузки, которая может быть активной, индуктивной, емкостной и смешанной. Это время невелико и мало влияет на процесс увеличения силы тока в индуктивной нагрузке первичной цепи катушки зажигания.

Время перехода транзистора из состояния насыщения в состояние отсечки определяется, главным образом, продолжительностью жизни

носителей тока в базовой области. Чтобы ускорить процесс запириания транзистора и тем самым уменьшить степень нагрева транзистора, применяют различные схемы, например шунтируют эмиттерный переход транзистора резистором, вводят источники активного запириания и т.д.

После перехода выходного транзистора коммутатора в состояние насыщения сила тока в первичной цепи катушки зажигания нарастает по экспоненциальному закону

$$i_1 = E_{AB}(1 - \exp(-tR_{1\Sigma}/L_1))/R_{1\Sigma},$$

где E_{AB} — ЭДС аккумуляторной батареи; $R_{1\Sigma}$ — суммарное сопротивление цепи первичной обмотки катушки зажигания с учетом сопротивления насыщения транзистора; L_1 — индуктивность первичной цепи; t — время.

Сила тока разрыва первичной цепи в начале перехода транзистора в состояние отсечки определяется по формуле

$$I_p = E_{AB}(1 - \exp(-120R_{1\Sigma}t_3/L_1 nZ_u))/R_{1\Sigma},$$

где t_3 — время нахождения выходного транзистора в состоянии насыщения; Z_u — число цилиндров двигателя.

При низких частотах вращения коленчатого вала двигателя сила тока разрыва первичной цепи катушки зажигания в основном определяется суммарным сопротивлением первичной цепи, а при высоких частотах вращения коленчатого вала зависит от индуктивности первичной обмотки катушки зажигания.

Так же, как и в контактной системе зажигания, в транзисторных системах на напряжение вторичной цепи влияют индуктивность первичной обмотки и емкость вторичной цепи катушки зажигания. Конденсатор в первичной цепи влияет не только на вторичное напряжение и условия запириания транзистора, но и на мощность тепловых потерь в транзисторе. Подключение конденсатора параллельно первичной обмотке катушки зажигания способствует ускорению запириания транзистора, поэтому нагрев транзистора с увеличением емкости конденсатора уменьшается. Необходимая емкость конденсатора определяется частотными свойствами и допустимым напряжением эмиттер-коллекторного перехода транзистора и не зависит от индуктивности первичной обмотки катушки зажигания и параметров вторичной цепи.

Разрядные процессы в транзисторной системе зажигания протекают так же, как и в контактной системе. Время разряда возрастает с увеличением силы тока разрыва первичной цепи и индуктивности вторичной цепи катушки зажигания. В транзисторной системе зажигания запас

энергии в катушке больше, поэтому время разряда в 1,5–2 раза превышает время разряда в классической контактной системе зажигания.

6.3. КОНТАКТНАЯ БАТАРЕЙНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

6.3.1. Принципиальная схема. Особенности работы

Основными элементами контактной системы зажигания (рис. 6.9) являются аккумуляторная батарея, выключатель зажигания, выключатель добавочного резистора, добавочный резистор, катушка зажигания, прерывательный механизм 1, распределитель 5, конденсатор и свечи зажигания.

При вращении вала распределителя 5, связанного зубчатой передачей с коленчатым валом двигателя, кулачком 4 попеременно замыкаются и размыкаются контакты 2 и 3 прерывателя 1.

Неподвижный контакт 3 прерывателя соединен с массой, подвижный контакт 2 закреплен на конце подвижного рычажка с подушечкой из текстолита. Контакты 2, 3 находятся в замкнутом состоянии под действием пружины, если подушечка рычажка не касается кулачка. Когда подушечка попадает на грань кулачка, рычажок, преодолевая противодействие пружины, поворачивается вокруг оси, закреп-

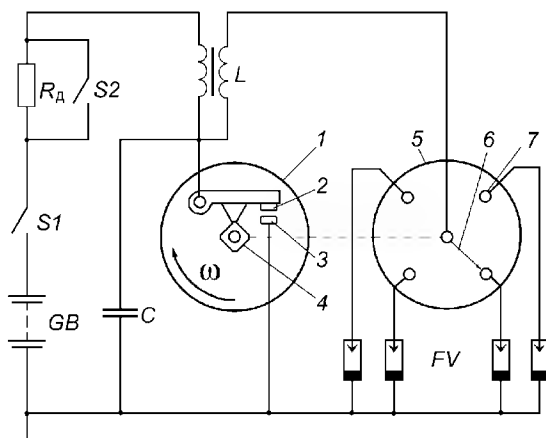


Рис. 6.9. Схема контактной системы зажигания:

1 — прерыватель; 2, 3 — подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 4 — кулачок; 5 — распределитель; 6 — бегунок; 7 — неподвижный электрод

ленной на подвижной пластине прерывательного механизма, и контакты размыкаются.

При включении выключателя зажигания и замкнутых контактах прерывателя по цепи первичной обмотки катушки зажигания протекает ток, сила которого растет, что приводит к созданию магнитного поля.

В момент размыкания контактов ток в первичной обмотке и созданное им магнитное поле исчезают. Во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется ЭДС, тем большая, чем выше скорость исчезновения магнитного поля. В это время токопроводящая пластина ротора распределителя проходит около бокового электрода крышки распределителя, соединенного высоковольтным проводом со свечой зажигания того цилиндра, в котором заканчивается процесс сжатия топливовоздушной смеси. Высокое вторичное напряжение подаваемого на свечу зажигания инициирует появление между ее электродами искрового разряда.

Кулачок прерывателя и ротор распределителя установлены на одном валу. Частота вращения вала кулачка и ротора распределителя в два раза меньше частоты вращения коленчатого вала четырехтактного двигателя. Это связано с тем, что топливовоздушную смесь в каждом из цилиндров необходимо воспламенить только 1 раз за два оборота коленчатого вала. Число граней кулачка и боковых электродов в крышке распределителя равно числу цилиндров двигателя. Высокое напряжение к свечам зажигания подводится в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

Сила тока I_p разрыва цепи первичной обмотки катушки зажигания и вторичное напряжение $U_{2\max}$ зависят от времени замкнутого состояния контактов прерывателя. Конструктивно прерывательный механизм контактной системы устроен таким образом, что время t , замкнутого состояния контактов непосредственно зависит от угла α , замкнутого состояния контактов (рис. 6.10). Величина угла α , зависит от профиля кулачка, зазора между контактами и не зависит от частоты вращения коленчатого вала, тогда как время

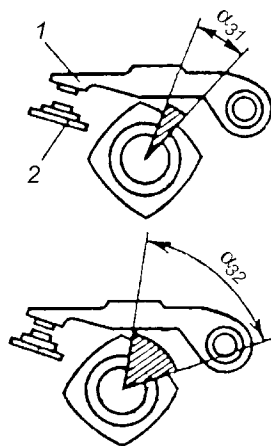


Рис. 6.10. Кулачковый прерывательный механизм:
1 — контакт на подвижном рычажке; 2 — неподвижный контакт; α_{31} , α_{32} — углы замкнутого состояния контактов соответственно при большом и малом зазорах между контактами

замкнутого состояния контактов с увеличением частоты вращения уменьшается.

Поскольку в четырехтактных многоцилиндровых двигателях искрообразование во всех цилиндрах должно произойти за два оборота коленчатого вала, продолжительность $t_{ц}$ одного цикла работы прерывателя, включающего время t_z замкнутого и время t_p разомкнутого состояния контактов, определяется по формуле

$$t_{ц} = 120/nZ_{ц}.$$

Полному циклу работы соответствует угол $\alpha_{ц}$. Относительное время замкнутого состояния контактов $\tau_z = t_z/t_{ц} = \alpha_z/\alpha_{ц}$, поэтому справедливо равенство

$$t_z = \tau_z t_{ц} = 120 \alpha_z / (\alpha_{ц} n Z_{ц}).$$

Время замкнутого состояния контактов прерывателя, сила тока разрыва первичной цепи и вторичное напряжение уменьшаются не только при увеличении частоты вращения коленчатого вала, но и с увеличением числа цилиндров двигателя (рис. 6.11).

Теоретически при малых частотах вращения коленчатого вала, когда сила тока в первичной цепи к моменту размыкания контактов почти достигает установившегося значения, значение вторичного напряжения должно стабилизироваться на определенном уровне. Одна-

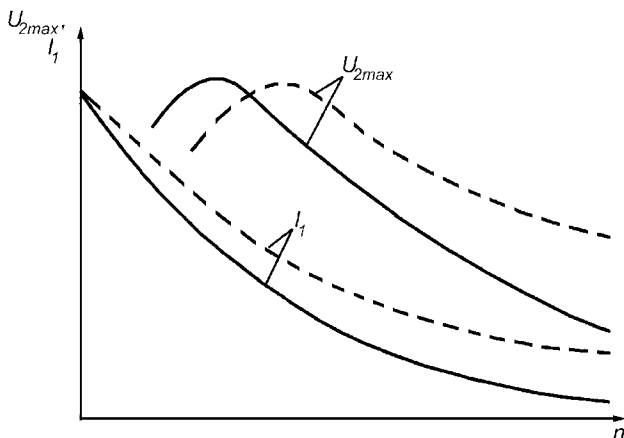


Рис. 6.11. Влияние числа цилиндров двигателя на характеристики контактной системы зажигания:

— восемь цилиндров; - - - четыре цилиндра

ко с уменьшением частоты вращения кулачка прерывателя уменьшается скорость размыкания контактов, что сопровождается усилением искрения между ними. Все большая часть энергии, накопленной в магнитном поле катушки, идет на искрообразование в прерывателе. При этом скорость исчезновения тока в первичной обмотке катушки зажигания и вторичное напряжение уменьшаются.

При размыкании контактов прерывателя в первичной обмотке катушки зажигания индуктируется ЭДС, достигающая 200—400 В и направленная в ту же сторону, что и ток первичной обмотки. ЭДС стремится задержать исчезновение тока и также вызывает образование дуги между контактами и снижает вторичное напряжение.

Дугообразование практически устраняется при подключении параллельно контактам прерывателя конденсатора. Конденсатор совместно с первичной обмоткой катушки зажигания образует колебательный контур. При появлении ЭДС в первичной обмотке конденсатор заряжается, а в последующий период разряжается через катушку и аккумуляторную батарею. Колебательный контур обеспечивает более быстрое снижение силы тока первичной цепи и индуктирование достаточно высокой ЭДС во вторичной обмотке катушки зажигания.

Характеристики контактной системы зажигания улучшаются при включении в цепь первичной обмотки добавочного резистора. На рабочих режимах добавочный резистор снижает тепловые потери в катушке зажигания. При включении электростартера во время пуска двигателя, когда напряжение на выводах аккумуляторной батареи падает из-за большой силы разрядного тока, добавочный резистор замыкается накоротко.

Добавочные резисторы из нихромовой или константовой проволоки, наматываемой на керамический изолятор, могут быть установлены на катушке зажигания и выполнены в виде отдельного элемента.

Сопротивление добавочного резистора из константана МНМц40-1,5 почти не зависит от температуры (рис. 6.12). Резистор из никелевой проволоки дополнительно защищает первичную цепь катушки зажигания от перегрузок при низких частотах вращения коленчатого вала. В таком случае он действует как вариатор. При малой частоте вращения коленчатого вала из-за большей продолжительности замкнутого состояния контактов прерывателя растут сила тока в первичной цепи катушки зажигания и температура нагрева добавочного резистора. При увеличении частоты вращения коленчатого вала добавочный резистор

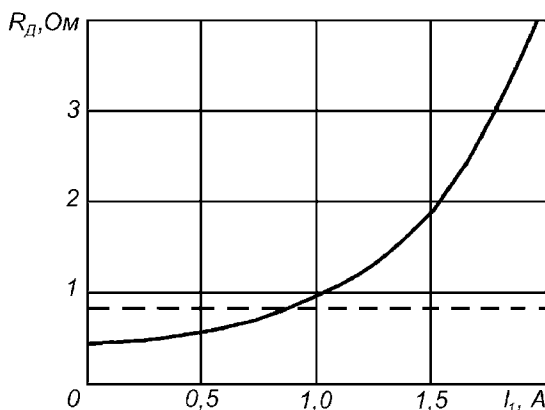


Рис. 6.12. Зависимость сопротивления добавочного резистора R_d от силы тока первичной цепи I_1 при изготовлении резистора из различных материалов:
 — никеля НП2; константана МНМц40-1,5

автоматически снижает сопротивление первичной цепи и тем самым препятствует значительному снижению силы тока размыкания и вторичного напряжения.

6.3.2. Регулирование угла опережения зажигания

Для регулирования УОЗ в контактной системе используются автоматические механические регуляторы. Автоматическое изменение УОЗ от частоты вращения коленчатого вала обеспечивает центробежный регулятор, а в зависимости от нагрузки двигателя — вакуумный регулятор.

Центробежный регулятор. На приводном валу 4 (рис. 6.13) регулятора закреплена пластина с осями 7, вокруг которых могут поворачиваться грузики 3, связанные между собой пружинами. Привод кулачка 1 прерывательного механизма от вала 4 осуществляется через грузики со штифтами 5, которые входят в прорезы поводковой пластины 2, жестко прикрепленной к втулке кулачка.

При увеличении частоты вращения коленчатого вала и вала 4 распределителя грузики под действием центробежных сил преодолевают сопротивление пружин 6 и расходятся в стороны. Штифты грузиков, передвигаясь в прорезах поводковой пластины, поворачивают ее и кулачок прерывательного механизма в направлении вращения вала распределителя. Контакты прерывателя размыкаются раньше и

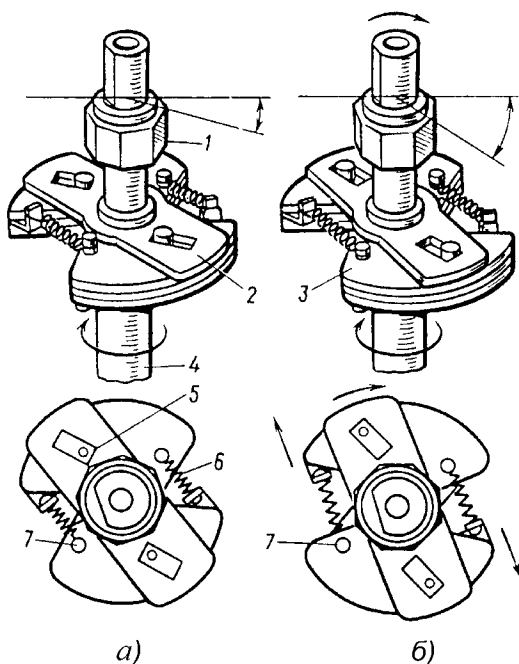


Рис. 6.13. Центробежный регулятор при положении грузиков:

а — во время работы двигателя в режиме холостого хода; *б* — при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя; 1 кулачок; 2 пластина втулки кулачка; 3 грузик; 4 приводной вал; 5 штифт; 6 пружина; 7 ось грузика

УОЗ увеличивается. При достижении определенной частоты вращения коленчатого вала грузики полностью расходятся и УОЗ, несмотря на дальнейшее увеличение частоты вращения коленчатого вала, остается неизменным. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала грузики под действием пружин возвращаются в исходное положение.

В центробежном регуляторе (рис. 6.14, *а*, *б*) грузики 2, преодолевая сопротивление пружины 1, под действием центробежных сил поворачиваются вокруг своих осей и воздействуют на траверсу 5 кулачка 6. С увеличением частоты вращения приводного вала увеличивается центробежная сила и угол поворота грузиков и кулачка. Максимальный угол поворота кулачка ограничен упорами. В исходное положение грузики возвращаются под действием пружин, от жесткости которых зависит крутизна характеристики центробежного ре-

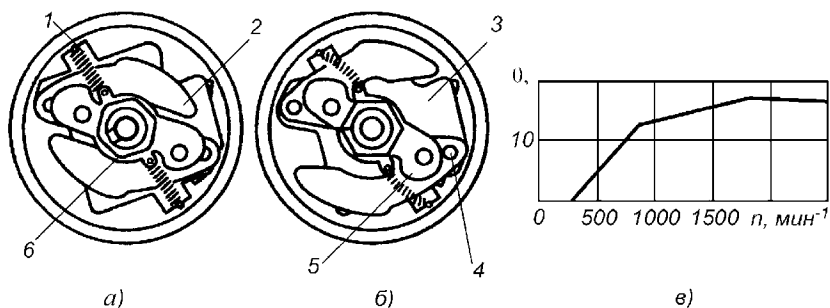


Рис. 6.14. Центробежный регулятор УОЗ и его характеристика:

a и *б* — положения грузиков соответственно при малой и большой частотах вращения коленчатого вала двигателя; *в* — характеристика регулятора; 1 — пружина; 2 — грузик; 3 — подвижная пластина; 4 — ось вращения грузика; 5 — траверса; 6 — кулачок

гулятора (рис. 6.14, *в*). Характеристика регулятора представляет собой зависимость угла θ от частоты вращения коленчатого вала.

Вакуумный регулятор. Герметичная полость *Б* (рис. 6.15, *a*) вакуумного регулятора отделена от окружающей среды гибкой мембраной 7, которая тягой 9 шарнирно соединена с подвижной пластиной *II* прерывателя. Полость *Б* регулятора через трубку 5 сообщается с задрос-

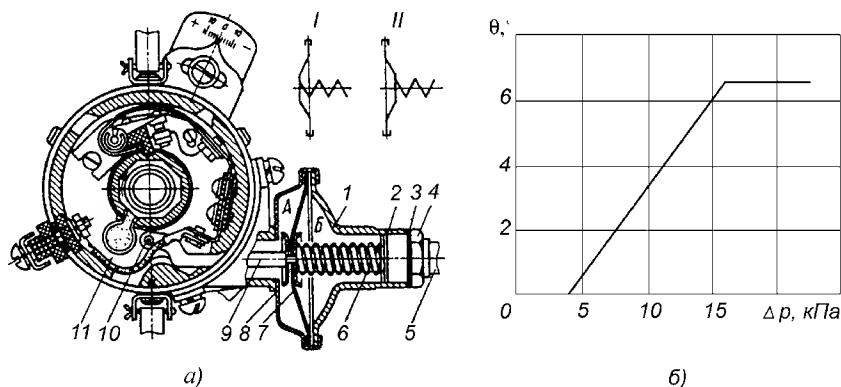


Рис. 6.15. Вакуумный регулятор:

a — конструкция; *б* — характеристика; 1 — крышка корпуса; 2 — регулировочная прокладка; 3 — уплотнительная прокладка; 4 — штуцер крепления трубки; 5 — трубка; 6 — пружина; 7 — мембрана; 8 — корпус регулятора; 9 — тяга; 10 — ось тяги; *II* — подвижная пластина прерывателя; *I* и *II* — положение мембраны регулятора соответственно при большей и меньшей нагрузке на двигатель; *A* и *Б* — полости регулятора

сельным пространством карбюратора. В полости *A* поддерживается давление окружающей среды.

При уменьшении нагрузки двигателя дроссельная заслонка прикрывается. Степень вакуума Δp в полости *B* увеличивается. При изменении степени вакуума мембрана 7, преодолевая усилие пружины 6, перемещается и тяга 9 поворачивает подвижную пластину 11 вместе с прерывателем против направления вращения кулачка. УОЗ увеличивается (рис. 6.15, б).

В режиме холостого хода двигателя дроссельная заслонка перекрывает отверстие, через которое полость *B* сообщается с задроссельным пространством. Степень вакуума в полости *B* будет небольшой: вакуумный регулятор не работает.

Октан-корректор. При использовании топлива с меньшим октановым числом УОЗ следует уменьшить. В противном случае возможно появление детонации. Для предотвращения детонации служит октан-корректор, позволяющий вручную поворачивать корпус распределителя. Вместе с корпусом поворачивается подвижная пластина прерывательного механизма относительно кулачка и изменяется момент замыкания контактов.

Рассмотренные устройства для регулирования УОЗ независимо друг от друга воздействуют на различные элементы распределителя: центробежный регулятор поворачивает кулачок прерывателя; вакуумный регулятор — подвижную пластину прерывателя, а октан-корректор — корпус распределителя. Действительный УОЗ складывается из угла начальной установки октан-корректором и углов, автоматически устанавливаемых центробежным и вакуумным регуляторами (рис. 6.16).

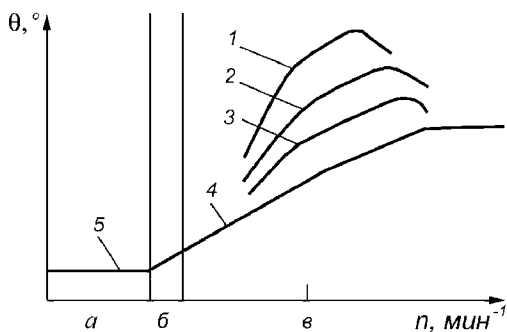


Рис. 6.16. Изменение УОЗ при совместной работе регуляторов:

a — область пуска двигателя; *б* — область работы двигателя в режиме холостого хода; *в* — рабочая область; 1, 2, 3 — при 0,25; 0,5 и 0,75 нагрузки на двигатель соответственно; 4 — при полной нагрузке (вакуумный регулятор не работает); 5 — установочный УОЗ

6.3.3. Конструкция аппаратов контактной системы зажигания

Катушки зажигания. В контактных системах зажигания применяются катушки зажигания с разомкнутой магнитной цепью (рис. 6.17), в которых значительную часть пути магнитный поток проходит по воздуху. Первичная обмотка 3 катушки намотана поверх вторичной обмотки 2. В данном случае обеспечиваются лучшие условия охлаждения катушки и уменьшается масса провода вторичной обмотки.

Обмотки имеют автотрансформаторную связь. Так как первичная и вторичная обмотки соединены внутри катушки и имеют общий вывод, число выводов катушки уменьшено. Кроме того, первичная обмотка, включенная последовательно со вторичной обмоткой, участвует в создании высокого вторичного напряжения.

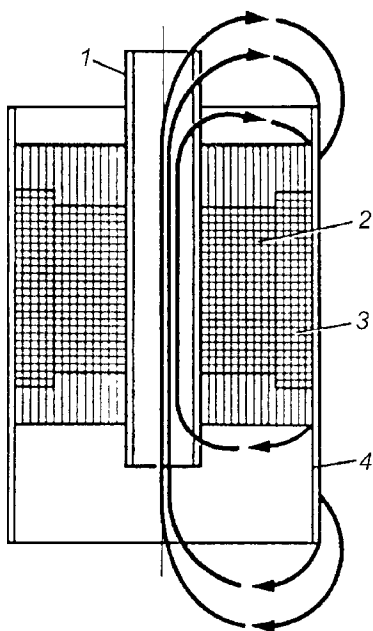


Рис. 6.17. Катушка зажигания с разомкнутой магнитной цепью:

1 — магнитопровод; 2 — вторичная обмотка; 3 — первичная обмотка; 4 — наружный магнитопровод; — линии магнитного потока

Большинство катушек зажигания — маслонаполненные, так как они более надежны в эксплуатации. Кроме того, обмотки могут быть залиты компаундом. В основном катушки зажигания контактных систем имеют аналогичную конструкцию, но могут отличаться обмоточными данными, конструкцией отдельных узлов и деталей, габаритными и установочными размерами.

Основными частями типовой катушки зажигания (рис. 6.18) являются сердечник 4, первичная 8 и вторичная 6 обмотки, крышка 13 с выводами 16—19, корпус 2 и наружный магнитопровод 3.

Сердечник 4 катушки набран из изолированных друг от друга окалиной пластин трансформаторной стали. На сердечник надета изолирующая трубка, на которую намотана вторичная обмотка 6. Внутри штампованного из листовой стали корпуса 2 установлен наружный магнитопровод 3 из листовой ста-

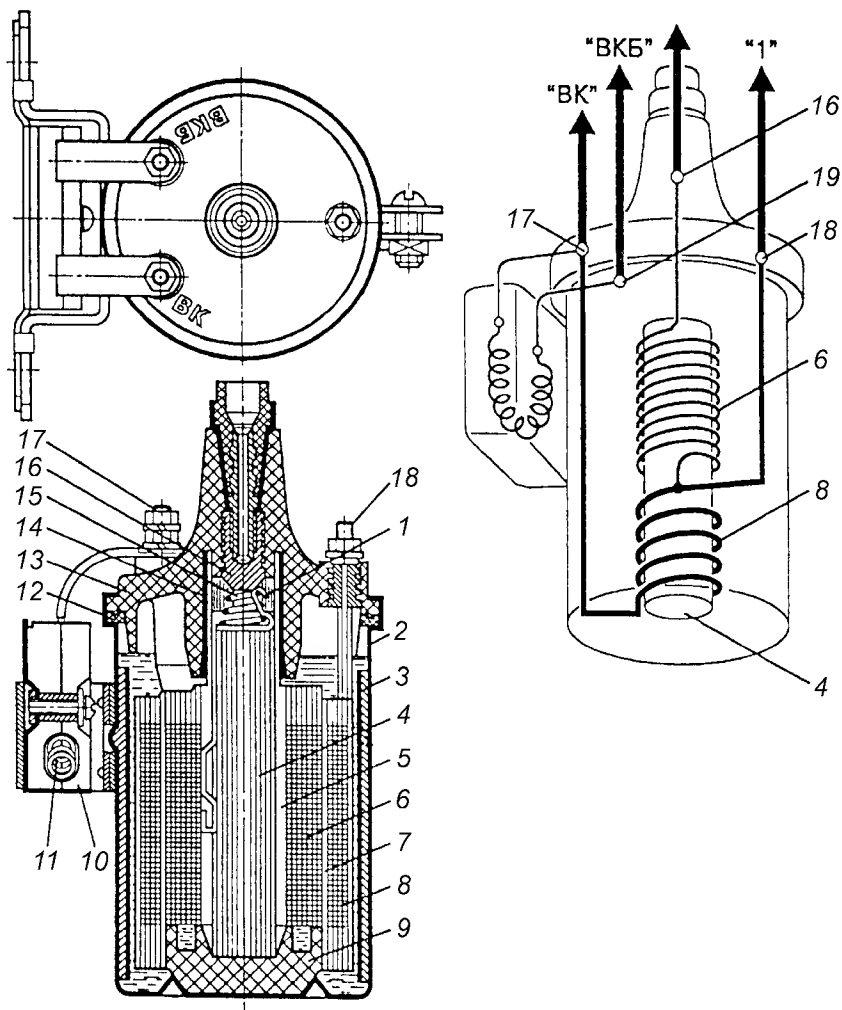


Рис. 6.18. Катушка зажигания:

1 – пластина; 2 – корпус; 3 – магнитопровод; 4 – сердечник; 5 – изолирующая трубка; 6, 8 – вторичная и первичная обмотки; 7 – изоляция между обмотками; 9 – изолятор; 10 – изолятор дополнительного резистора; 11 – добавочный резистор; 12 – резиновое уплотнительное кольцо; 13 – пластмассовая крышка; 14 – изоляционная втулка; 15 – пружина; 16 – вывод; 17 – вывод "BK"; 18 – вывод "1"; 19 – вывод "BKБ"

ли. К корпусу крепится добавочный резистор 11, расположенный в изоляторе 10. Благодаря более высоким характеристикам системы электростартерного пуска двигателей автомобилей ВАЗ в их контактных системах зажигания добавочный резистор отсутствует. Фарфоровый изолятор 9 и крышка 13 предотвращают электрический пробой между корпусом и сердечником.

Слои вторичной обмотки изолированы друг от друга конденсаторной бумагой. Первые и последние несколько рядов, где возникают потенциалы наибольшей величины, изолируются четырьмя — шестью слоями бумаги. Один конец вторичной обмотки соединен с выводом 16 высокого напряжения через сердечник и контактную пружину 15.

В зависимости от типа катушки число витков может находиться в пределах 180—330 для первичной и 17000—26000 для вторичной обмоток. Для намотки используется провод диаметром 0,72—0,86 мм для первичной и 0,06—0,08 мм для вторичной обмоток. Соответственно коэффициент трансформации катушек контактных систем зажигания лежит в пределах 56—97.

Распределитель зажигания. Распределитель зажигания конструктивно объединяет в себе прерыватель, распределитель, конденсатор и устройства для регулирования УОЗ. Обычно вал распределителя приводится во вращение от распределительного вала двигателя или от вала привода масляного насоса через шлицевую шестеренчатую или кулачковую передачи. В некоторых конструкциях распределителей не устанавливается вакуумный регулятор.

На рис. 6.19 приведен четырехискровой распределитель 30.3706. Наиболее ответственный узел распределителя — прерывательный механизм с подвижной пластиной 20, от которого зависит работоспособность всей системы зажигания. Надежность работы прерывательного механизма обеспечивается рациональной конструкцией рычажка и правильно профилированной поверхностью кулачка.

Для уменьшения износа металлокерамических втулок 21, в которых вращается вал 1 распределителя, прерывательный механизм и кулачок 19 расположены под центробежным регулятором.

Контакты прерывателя подвержены эрозии и коррозии. Эрозия сопровождается переносом металла с одного контакта на другой. Коррозия приводит к образованию на контактах оксидных пленок. При переносе металла изменяется зазор между контактами, от величины которого зависят угол и время замкнутого состояния контактов. У большинства распределителей контактных систем зажигания зазора составляет 0,35—0,45 мм.

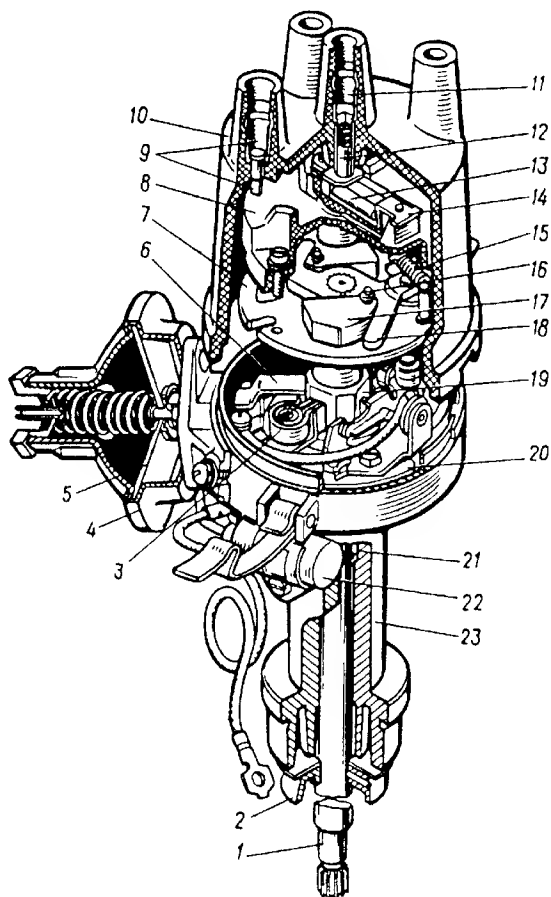


Рис. 6.19. Распределитель 30.3706:

1 — вал; 2 — маслоотражательная муфта; 3 — филец; 4 — вакуумный регулятор; 5 — мембрана; 6 — тяга вакуумного регулятора; 7 — поводковая пластина кулачка; 8 — ротор; 9 — боковой электрод и вывод крышки; 10 — крышка распределителя; 11 — центральный вывод крышки; 12 — угольный контакт с пружиной; 13 — помехоподавительный резистор; 14 — электрод ротора; 15 — пружина; 16 — ось грузика; 17 — грузик; 18 — поводковая пластина грузиков; 19 — кулачок; 20 — подвижная пластина прерывателя; 21 — втулка; 22 — конденсатор; 23 — корпус

В наименьшей степени электроэрозии подвержены контакты из вольфрама. Они не свариваются и благодаря высокой твердости мало изнашиваются.

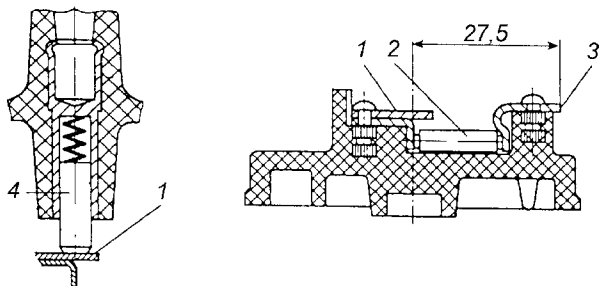


Рис. 6.20. Ротор распределителя:

1 — центральный электрод; *2* — помехоподавительный резистор; *3* — наружный контакт; *4* — угольный электрод

На корпусе 23 распределителя 30.3706 из алюминиевого сплава установлен конденсатор 22. На поводковой пластине кулачка 19 закреплен ротор 8 с помехоподавительным резистором 13 и электродом 14. В центре крышки 10 установлен угольный контакт 12 с пружиной. Крышка закреплена на корпусе распределителя с помощью двух пружинных защелок. Маслоотражательная муфта 2 предотвращает проникновение в распределитель моторного масла.

На роторе (рис. 6.20) распределителя закреплен электрод с центральным 1 и наружным 3 контактами. Ротор закрепляется в определенном положении. В центральный контакт упирается подпружиненный угольный электрод 4, передающий импульсы высокого вторичного напряжения от катушки зажигания к ротору. При вращении ротора импульсы передаются от наружного контакта 3 ротора к боковым электродам в крышке и далее к свечам зажигания.

6.4. СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ОТ МАГНЕТО

6.4.1. Принцип действия и характеристики магнето

Магнето объединяет в себе генератор переменного тока низкого напряжения с возбуждением от постоянных магнитов, трансформатор (индукционную катушку), прерыватель и распределитель (для двухцилиндровых двигателей). На тракторных пусковых двигателях

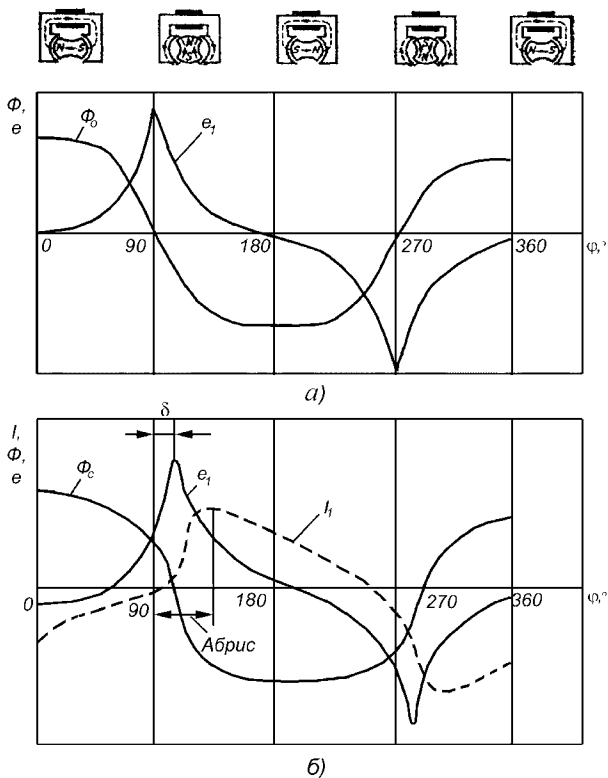


Рис. 6.22. Характеристики магнитного потока, ЭДС и силы тока в первичной цепи магнето:
 а — в режиме холостого хода; б — при замкнутых контактах прерывателя

может достигать значений 50–100 В в первичной и 2000–3000 В во вторичной обмотках. Указанного напряжения во вторичной цепи недостаточно для пробоя искрового промежутка.

Для увеличения вторичного напряжения, а также с целью обеспечения точного момента зажигания в цепь первичной обмотки трансформатора включен прерыватель. Прерыватель периодически замыкает и размыкает цепь первичной обмотки и в последней ток то возникает, то исчезает.

При замкнутой первичной цепи по ней протекает ток короткого замыкания. Сила тока достигает нескольких ампер и создает свое магнитное поле, развиваемое магнитным полем якоря. Магнитное поле якоря взаимодействует с магнитным полем вращающегося постоянного магнита, что вызывает перераспределение результирующего маг-

нитного потока. Под набегающей частью полюса происходит разрежение магнитного потока, а под сбегающей частью полюса — сгущение. В результате изменяются кривые результирующего потока при замкнутой первичной цепи. Соответственно изменяется и кривая ЭДС e_1 в первичной цепи, максимум которой относительно максимума в режиме холостого хода сдвигается на угол δ .

Контакты прерывателя замыкаются тогда, когда ЭДС в первичной обмотке близка к нулю. ЭДС в первичной обмотке начинает возрастать, что вызывает рост силы тока I_1 в ней. Для получения максимального значения напряжения вторичной цепи контакты прерывателя желательно размыкать при достижении силы тока в первичной обмотке максимального значения. Резкое уменьшение силы тока первичной обмотки и связанного с ним магнитного потока приводит к появлению во вторичной обмотке ЭДС величиной 10–20 кВ. Высокое напряжение с вторичной обмотки подается на свечу, где энергия, накопленная в магнитном поле первичной обмотки, выделяется в виде тепловой энергии искры.

В двухискровом магнето (см. рис. 6.21, б) высокое напряжение к свечам зажигания пускового двигателя подается с помощью распределителя. Кроме того, высокое напряжение с вторичной обмотки трансформатора может подаваться и на свечу зажигания предпускового подогревателя. Первичная обмотка кроме активного сопротивления обладает индуктивностью, поэтому ток в ней отстает по фазе от ЭДС, и максимальная сила тока смещается по отношению к максимальному значению ЭДС на определенный угол. Следует иметь в виду, что кривые ЭДС и силы тока в первичной цепи несинусоидальны.

Угол α_m (рис. 6.23), определяющий положение магнето в момент размыкания контактов прерывателя, называют абрисом магнето. При

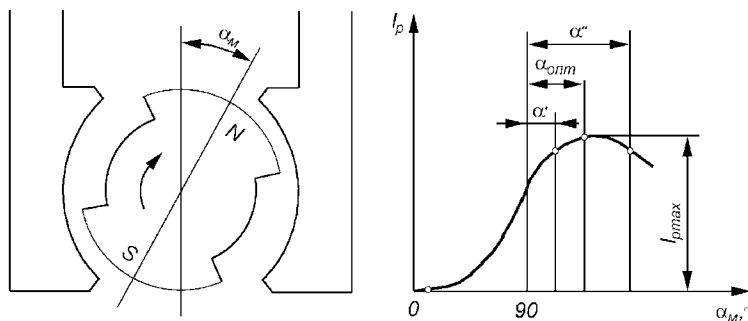


Рис. 6.23. Влияние абриса на силу тока I_p разрыва первичной цепи

отклонении абриса от оптимального значения $\alpha_{\text{м опт}}$ снижаются сила тока в момент разрыва первичной цепи и вторичное напряжение. При значительном отклонении абриса от оптимального значения развиваемое магнето вторичное напряжение может оказаться недостаточным для пробоя искрового промежутка. Для магнето различных типов величины оптимального абриса различны и обычно определяются опытным путем.

При размыкании контактов прерывателя ЭДС индуцируется не только во вторичной, но и в первичной обмотке и вызывает появление электрической дуги между размыкающимися контактами прерывателя. Наличие электрической дуги замедляет скорость исчезновения магнитного потока первичной обмотки и уменьшает вторичное напряжение. С другой стороны, дуга приводит к подгоранию контактов и их преждевременному выходу из строя.

Для гашения дуги между контактами прерывателя параллельно контактам подключают конденсатор. ЭДС самоиндукции заряжает конденсатор при размыкании контактов и уменьшает искрение между ними. Первичная цепь трансформатора магнето содержит конденсатор, элемент индуктивности, резистор с активным сопротивлением и является колебательным контуром. При равенстве ЭДС самоиндукции в первичной обмотке и напряжения на обкладках конденсатора заряд конденсатора прекращается и начинается его разряд на первичную обмотку трансформатора, и затем под действием вновь возникшей ЭДС конденсатор заряжается напряжением обратной полярности. Таким образом, в первичной цепи возникает затухающий разрядный процесс конденсатора.

С увеличением емкости конденсатора уменьшаются частота колебаний и скорость убывания силы тока в первичной обмотке. При недостаточной емкости конденсатора увеличиваются потери энергии на дугообразование между размыкающимися контактами прерывателя. В обоих случаях уменьшается вторичное напряжение магнето. Следовательно, существует оптимальное значение емкости конденсатора, при котором развиваемое магнето вторичное напряжение будет максимальным. Вторичное напряжение снижается также с увеличением емкости вторичной цепи трансформатора (емкость проводов высокого напряжения и вторичной обмотки).

Индуктивность вторичной обмотки вместе с емкостью вторичной цепи образует вторичный колебательный контур, связанный с колебательным контуром первичной цепи. При отсутствии пробоя искрового промежутка вторичное напряжение также совершит несколько затухаю-

щих колебаний. В действительности, когда вторичное напряжение достигает величины пробивного напряжения, происходит искровой разряд между электродами свечи, и колебательный процесс обрывается.

Искровой разряд имеет емкостную и индуктивную фазы. Емкостная фаза разряда поддерживается за счет энергии, накопленной в электростатическом поле емкостей первичной и вторичной цепей трансформатора магнето. Продолжительность емкостной фазы разряда около 10^{-6} с при силе тока в несколько десятков ампер. Разряд в индуктивной фазе происходит по сильно ионизированному каналу, созданному емкостной фазой разряда. Индуктивная фаза представляет собой тлеющий разряд длительностью в несколько миллисекунд. В этой фазе напряжение снижается приблизительно до 300 В, а сила тока не превышает нескольких десятков миллиампер.

Рабочий процесс магнето (см. рис. 6.22) состоит из трех этапов. Первый этап соответствует замыканию прерывателя и нарастанию первичного тока. С увеличением частоты вращения максимальное значение первичного тока возрастает, а максимальное значение силы тока несколько смещается в сторону запаздывания.

На втором этапе происходит размыкание прерывателя и индуктирование ЭДС во вторичной обмотке трансформатора. Колебательный процесс во вторичной цепи происходит настолько быстро, что можно считать вращающийся ротор магнето неподвижным и пренебречь ЭДС, индуктируемой во вторичной обмотке при вращении ротора.

Третий этап – пробой искрового промежутка. Разряд между электродами свечи протекает так же, как в батарейном зажигании. Отличительной особенностью протекания третьего этапа в системе зажигания от магнето является большая длительность индуктивной фазы разряда, которая поддерживается за счет ЭДС, индуктируемой во вторичной обмотке при вращении ротора.

6.4.2. Конструкция магнето

Конструктивная схема магнето зависит от размеров и формы вращающегося магнита, которые определяются качеством магнитного сплава. Магниты для магнето изготавливают из железо-никель-алюминиевого сплава ЮНД4 с коэрцитивной силой 40 кА/м и остаточной индукцией 0,5 тс. Удельная энергия магнита из этого сплава составляет 3600 Дж/м³.

Магнето двухцилиндровых двигателей имеют распределитель высокого напряжения. Распределитель магнето двухцилиндрового четы-

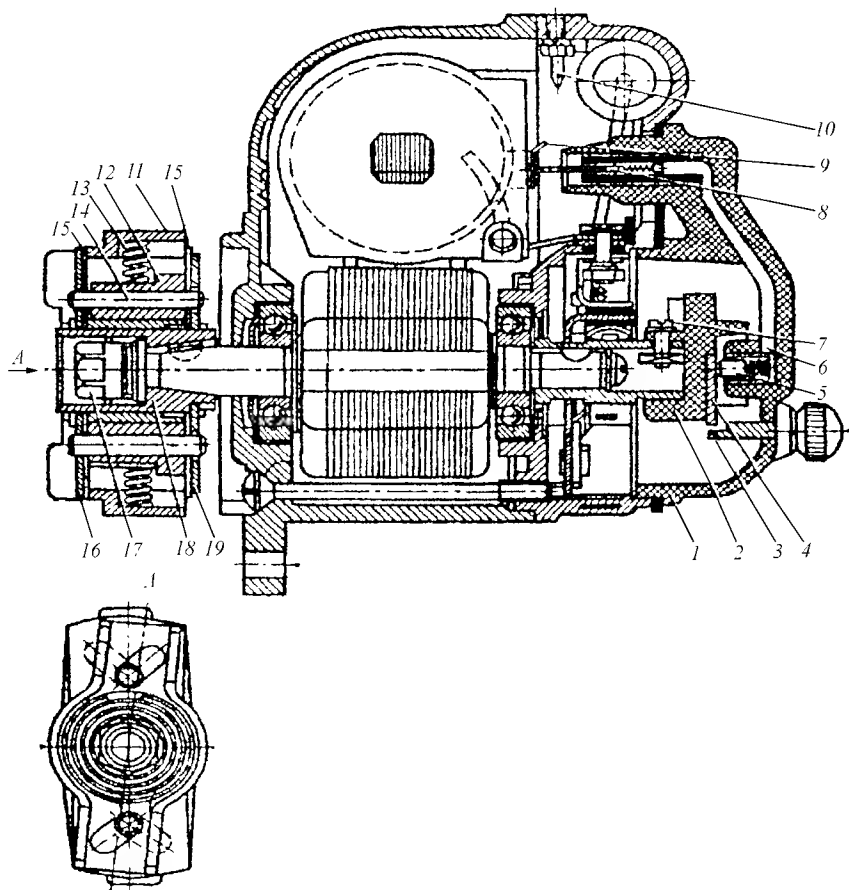


Рис. 6.24. Двухискровое магнето:

1 крышка; 2 бегунок; 3, 4 электроды вывода, бегунка; 5 контакт; 6 проводник; 7 — винт; 8 — электрод; 9 — вывод катушки; 10 — электрод дополнительного разрядника; 11 — корпус муфты опережения зажигания; 12 — грузики; 13 — пружины; 14 штифты; 15 пластины; 16, 19 ведущий и ведомый фланцы; 17 гайка; 18 — втулка

рехтактного двигателя состоит из пластмассового бегунка 2 (рис. 6.24), закрепленного на роторе винтом 7, и крышки 1. К электроду 4 бегунка 2 высокое напряжение от вторичной обмотки подводится соединительным стальным проводником 6 через латунный подпружиненный контакт 5. С бегунка ток высокого напряжения поочередно подается

к боковым электродам 3, а от них по проводам высокого напряжения к электродам свечей зажигания. Два боковых электрода 3 заканчиваются на наружной стороне выводами высокого напряжения, около которых нанесены цифры "1" и "2". К выводу "1" присоединен провод, идущий от свечи зажигания первого цилиндра, к выводу "2" — от свечи зажигания второго цилиндра.

Когда вращается ротор магнето, вместе с ним вращается и бегунок 2. Каждый раз в момент размыкания контактов прерывателя электрод 4 бегунка поочередно подходит к электродам 3 крышки распределителя. Ток высокого напряжения от вывода трансформатора течет через электрод 8 по проводнику 6 и центральному контакту 5 на электрод 4 бегунка, а с него через ведущий зазор 0,5—0,8 мм на боковой электрод 3 и по проводу — в искровую свечу зажигания. Пройдя через зазор свечи, ток по массе возвращается во вторичную обмотку трансформатора.

В случае отсоединения провода от свечи зажигания вторичное напряжение магнето может возрасти в 1,5 раза. Чтобы предохранить вторичную обмотку от пробоя, в магнето предусмотрен дополнительный искровой промежуток длиной 10—12 мм между выводом 9 высокого напряжения и специальным электродом 10 (винтом или выступом).

Двухискровое магнето за один оборот ротора образует две искры. Магнето имеет муфту опережения зажигания и распределитель. Муфта опережения зажигания автоматически изменяет УОЗ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

В корпусе 11 муфты опережения зажигания размещены грузики 12, прижимаемые пружинами 13 к оси вращения. Концами своих штифтов 14 они входят в радиальные прорези защитных пластин 15, закрывающих корпус, и в разнонаклонные прорези ведущего 16 и ведомого 19 фланцев. На валу ротора магнето шпонкой и гайкой закреплена втулка 18 (а на ней — ведомый фланец 19) и свободно надеты защитные пластины 15 и ведущий фланец 16, соединенный с приводом двигателя. Корпус 11, ведомый фланец 19 и защитные пластины 15 от осевого перемещения на втулке удерживаются стопорными кольцами.

При повышении частоты вращения ротора магнето грузики под действием центробежной силы, преодолевая сопротивление пружин, расходятся. Концы штифтов грузиков, перемещаясь по прорезям, поворачивают ведомую пластину вместе с втулкой, валом ротора и кулачком в сторону вращения вала ротора. Контакты прерывателя раз-

мыкаются раньше и УОЗ увеличивается. С уменьшением частоты вращения ротора грузики под действием пружины сходятся и все детали поворачиваются в противоположную сторону. Контакты прерывателя размыкаются позже и УОЗ уменьшается.

В магнето для одноцилиндрового двигателя кулачковая муфта имеет один выступ, а в магнето для двухцилиндрового двигателя два выступа. Для искрообразования используют оба импульса магнитного потока за один оборот ротора.

Индукционная катушка магнето должна быть компактной. Обмотки расположены вблизи магнитопровода (массы), поэтому необходимы меры для предупреждения пробоя изоляции.

Первичную обмотку располагают непосредственно на сердечнике, что позволяет получить обмотку с минимальным сопротивлением, так как уменьшаются средняя длина витка и полная длина провода катушки. При той же величине индуктируемой в обмотке ЭДС это позволяет к моменту разрыва цепи получить большую силу тока разрыва.

Начало первичной обмотки соединяют с массой, а конец ее с выводом, который соединяют с прерывателем.

Вторичную обмотку наматывают поверх первичной. На торцы катушки накладывают изоляцию из кабельной бумаги, лакоткани или гетинакса. Поверхность обмотки покрывают изоляционной лентой из лакоткани и киперной лентой с последующей пропиткой катушки с магнитопроводом в вакууме турбинным маслом. Затем ее покрывают лаком. Применяют поверхностную изоляцию из капрона и полиэтилена. Такая изоляция значительно повышает надежность работы магнето, исключая возможность пробоя изоляции.

Кулачковая муфта и прерыватель закрепляются в определенном положении относительно полюсов магнето. Это связано с тем, что прерывание первичного тока должно происходить при повороте магнето на угол, соответствующий абрису. Для того чтобы абрис и напряжение магнето не изменялись, регулировать момент зажигания следует смещением валика магнето на некоторый угол относительно приводного валика двигателя. Причем взаимное расположение прерывателя, его кулачка и ротора в магнето не изменяется, а потому абрис остается постоянным. Следовательно, при сборке магнето можно установить оптимальный абрис и напряжение магнето изменяться не будет. Такая регулировка обеспечивается при использовании центробежного регулятора, помещенного в приводной муфте магнето.

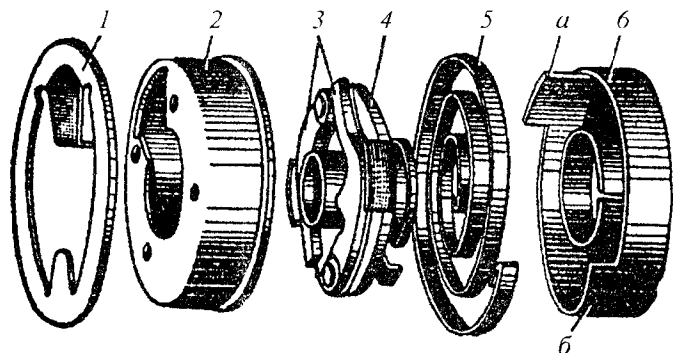


Рис. 6.25. Пусковой ускоритель магнето:

1 — диск с зубцом; 2 — кожух ускорителя; 3 — зашелка; 4 — ведомый диск; 5 — пружина; 6 — ведущий барабан; а, б — выступы

Корпус магнето отливается из цинкового сплава, заливаемого в изложницу, в которую предварительно закладывают два магнитопровода, собранных из электротехнической стали, которые являются частями магнитной цепи, направляющими магнитный поток от полюсов магнита в магнитопровод индукционной катушки. Крышка магнето также отливается из цинкового сплава.

На рис. 6.25 показано устройство пускового ускорителя, который представляет собой муфту, половинки которой соединены стальной пружиной. При пуске двигателя одна из защелок 3 цепляется за зубец диска 1 и останавливает магнит в положении, когда магнитный поток близок к наибольшему. Ведущий барабан 6 продолжает вращаться, и пружина 5 закручивается. Когда заканчивается такт сжатия, один из выступов (а или б) выведет защелку из зацепления с зубцом диска 1. Энергия, запасенная пружиной, сообщит магниту ускорение для создания ЭДС во вторичной обмотке. На свече появляется электрический разряд, топливовоздушная смесь воспламеняется, и двигатель начинает работать. Как только частота вращения магнита будет выше 250 мин⁻¹, центробежная сила отведет защелки и они не будут зацепляться за зубец диска 1. Действие ускорителя автоматически прекратится. Ведомый диск окажется прижатым пружиной к ведущему барабану 6 и ускоритель станет работать как упругая муфта привода.

Ускорители правого и левого вращения различаются противоположным расположением защелок и пружин.

6.5. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ С КОНТАКТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

6.5.1. Контактно-транзисторные системы зажигания

На первом этапе внедрения электронных систем зажигания широкое распространение получили электронные системы зажигания с контактным управлением: контактно-транзисторные и контактно-тиристорные. Принцип работы таких систем основан на накоплении энергии в магнитном поле катушки зажигания или в электростатическом поле конденсатора.

Наивыгоднейшие условия работы контактов прерывателя при одновременном увеличении силы тока разрыва первичной цепи катушки зажигания в контактно-транзисторных системах зажигания (КТСЗ) создаются благодаря разделению функций синхронизатора момента зажигания и прерывателя. Ток, проходящий через первичную катушку зажигания, прерывается транзисторным коммутатором, тогда как синхронизация зажигания с работой двигателя осуществляется контактами прерывателя.

Сила тока управления транзисторным коммутатором, проходящего через контакты прерывателя, намного меньше силы тока первичной обмотки катушки зажигания, поэтому в КТСЗ можно устанавливать оптимальную с точки зрения долговечности контактных пар силу прерываемого тока. В КТСЗ режим работы контактов прерывателя значительно облегчен и поэтому срок службы их больше. Увеличение силы тока разрыва первичной цепи ограничивается только параметрами силового транзистора, а не стойкостью контактов прерывателя. Однако включение в схему КТСЗ транзисторного коммутатора не полностью исключает недостатки, присущие классической контактной системе зажигания, такие как механическое изнашивание кулачка, подушечки рычажка и контактной пары прерывателя, а также невозможность воспроизведения сложных характеристик управления опережением зажигания.

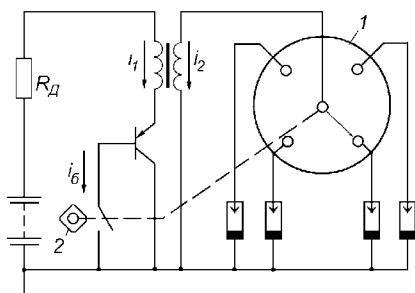
6.5.2. Схемы и принцип работы КТСЗ

При замыкании контактов (рис. 6.26) прерывателя база транзистора соединяется с массой и далее с минусовым выводом аккумуляторной батареи. По переходу эмиттер—база транзистора проходит ток i_b базы. Транзистор открывается и замыкает цепь первичной катушки зажигания.

В момент размыкания контактов транзистор переходит в состояние отсечки, разрывая первичную цепь катушки зажигания. Ток i_1 в пер-

Рис. 6.26. Схема КТСЗ:

1 — распределитель; 2 — кулачок прерывателя



вичной обмотке резко исчезает, а во вторичной обмотке индуцируется высокая ЭДС, вызывающая появление тока i_2 во вторичной цепи при пробое искрового промежутка между электродами свечи зажигания.

В реальных коммутаторах КТСЗ кроме силового транзистора имеются другие элементы, которые служат для улучшения условий его переключений. В схеме, приведенной на рис. 6.27, транзисторный коммутатор содержит мощный германиевый транзистор VT (ГТ701А) типа $p-n-p$, стабилитрон $VD1$, диод $VD2$, резистор $R1$, импульсный трансформатор $T2$ и два конденсатора $C1$ и $C2$.

Первичная обмотка катушки зажигания включена в цепь эмиттер—коллектор транзистора VT . Управление транзистором осуществляется с помощью контактного прерывателя $S2$, включенного в цепь базы транзистора. Через замкнутые контакты прерывателя протекает ток, сила которого в $B + 1$ раз (B — коэффициент усиления транзистора) меньше силы тока первичной обмотки катушки зажигания.

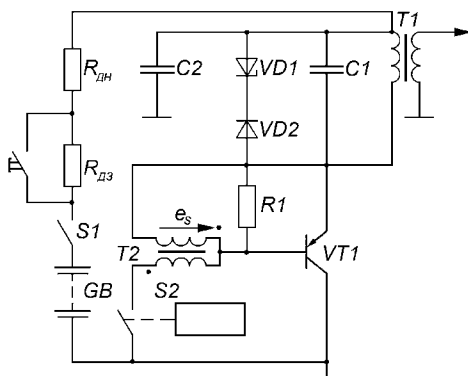


Рис. 6.27. Схема КТСЗ с транзисторным коммутатором ТК102

Когда контакты прерывателя замкнуты, транзистор находится в состоянии насыщения, и увеличение силы тока в первичной обмотке катушки зажигания происходит так же, как в классической контактной системе зажигания.

После размыкания контактов прерывателя и перехода транзистора в состояние отсечки накопленная в магнитном поле катушки зажигания энергия преобразуется в импульс высокого вторичного напряжения, подаваемого через распределитель на очередную свечу зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

Импульсный трансформатор $T2$, включенный последовательно с контактным прерывателем, при размыкании контактов обеспечивает отрицательное смещение на переходе эмиттер–база транзистора, ускоряя его переход из состояния насыщения в состояние отсечки. Отрицательное смещение возникает при индуктировании ЭДС взаимной индукции ϵ , во вторичной обмотке трансформатора $T2$. Резистор $R1$ служит для формирования необходимого запирающего импульса транзистора.

Когда транзистор переходит в состояние отсечки, в первичной обмотке катушки зажигания также индуктируется достаточно высокая ЭДС. Для исключения перенапряжения на транзисторе параллельно его эмиттер–коллекторному переходу подключена цепочка стабилизации $VD1$ – $VD2$. Напряжение стабилизации стабилитрона $VD1$ около 80 В. Если ЭДС самоиндукции в первичной обмотке катушки зажигания превысит напряжение стабилизации, то ток, вызванный этой ЭДС, замыкается через открытый стабилитрон $VD1$ и диод $VD2$. Диод $VD2$ препятствует прохождению через стабилитрон тока от аккумуляторной батареи.

Стабилитрон $VD1$ обеспечивает также защиту транзистора от высоковольтных импульсов напряжения, которые могут возникнуть на его эмиттер–коллекторном переходе при отключении нагрузки во вторичной цепи, например при техническом обслуживании системы зажигания.

Если ЭДС самоиндукции в первичной обмотке катушки зажигания меньше напряжения стабилизации стабилитрона $VD1$, то ток, создаваемый этой ЭДС, идет на заряд конденсатора $C1$, подключенного параллельно первичной обмотке. В результате мощность, выделяемая в транзисторе при его переходе в состояние отсечки, и температура его нагрева уменьшаются. В результате предотвращается лавинообразный процесс умножения носителей заряда и пробой транзистора, связанный с его локальным перегревом.

Электролитический конденсатор $C2$ защищает систему зажигания от случайных импульсных перенапряжений в бортовой сети (например, при работе КТСЗ с отключенной аккумуляторной батареей).

6.5.3. Конструкция аппаратов КТСЗ

Катушка зажигания КТСЗ. В отличие от катушек зажигания контактной системы зажигания в КТСЗ катушка Б114Б имеет трансформаторную связь с повышенным коэффициентом трансформации и меньшую индуктивность первичной обмотки. Уменьшение числа витков первичной обмотки и ее индуктивности необходимо для снижения ЭДС самоиндукции в ней и предотвращения пробоя транзистора. Катушки контактных систем зажигания и КТСЗ не взаимозаменяемы.

Добавочный резистор. По условиям нагрева катушки мощность потерь в ней не должна превышать предельно допустимый уровень. Поскольку в КТСЗ сила тока разрыва первичной цепи катушки зажигания повышена по сравнению с классической контактной системой зажигания, то во избежание перегрева первичной обмотки ее сопротивление уменьшено, что потребовало введения в цепь питания катушки добавочного резистора, состоящего из двух резисторов $R_{\text{н}}$ и $R_{\text{д}}$ (см. рис. 6.27). Резистор $R_{\text{н}}$ включен в цепь первичной обмотки постоянно. Резистор $R_{\text{д}}$ при пуске двигателя так же, как и в контактной системе, замыкается накоротко контактами реле включения или тягового реле стартера, чем обеспечивается компенсация снижения напряжения аккумуляторной батареи, работающей в стартерном режиме разряда.

Оба резистора $R_{\text{н}}$ и $R_{\text{д}}$ размещены в одном корпусе 1 (рис. 6.28). Каждый резистор выполнен в виде спиралей 3 из константановой проволо-

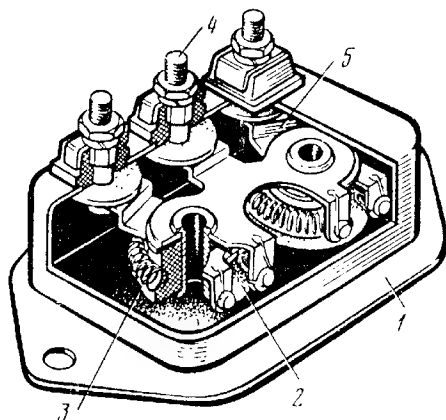


Рис. 6.28. Добавочный резистор СЭ107:

1 корпус; 2 фарфоровый изолятор; 3 спираль резистора; 4 вывод; 5 пластина

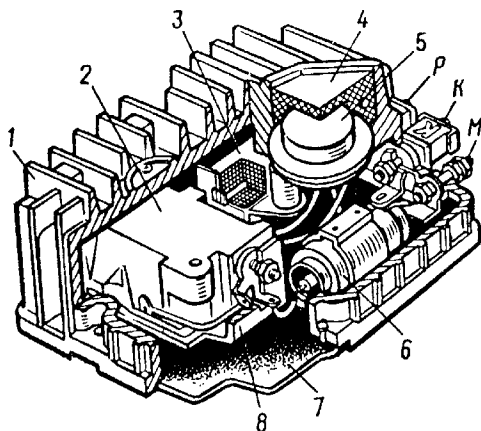


Рис. 6.29. Транзисторный коммутатор ТК102:

1 — алюминиевый корпус; 2 — блок; 3 — импульсный трансформатор; 4 — эпоксидная смола; 5 — транзистор; 6 — конденсатор; 7 — основание; 8 — теплоотвод

ки, закрепленных на изоляторах 2. Блок резисторов имеет три вывода *К*, *ВК*, *ВК—Б*, к которым пластинами 5 присоединены концы резисторов.

Транзисторный коммутатор КТСЗ. Транзисторный коммутатор ТК102 (рис. 6.29) имеет литой алюминиевый корпус 1 с ребристой поверхностью для лучшего теплоотвода. Внутри корпуса размещены конденсатор 6, импульсный трансформатор 3 и блок 2, залитый полиэфирным компаундом, в котором размещены остальные элементы коммутатора. Теплоотвод 8 предотвращает перегрев стабилитрона. Транзистор 5 находится в углублении корпуса. В первых конструкциях транзистор заливался эпоксидной смолой. Снизу к корпусу 1 коммутатора заклепками прикреплено металлическое основание 7. Выводы *Р*, *К*, *М* и один вывод без обозначения находятся на колодке, установленной на боковой стенке корпуса. Поскольку германиевый транзистор ГТ701А имеет низкую максимальную рабочую температуру (75 °С), коммутатор устанавливается в кабине водителя.

Распределитель КТСЗ. Распределители КТСЗ выполняют те же функции, что и распределители классической контактной системы зажигания и аналогичны по конструкции, однако отличаются отсутствием конденсатора. В роторе 12 (рис. 6.30) распределителя Р137 установлен помехоподавительный резистор 13. Регулирование УОЗ осуществляется центробежным и вакуумным автоматами в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Началь-

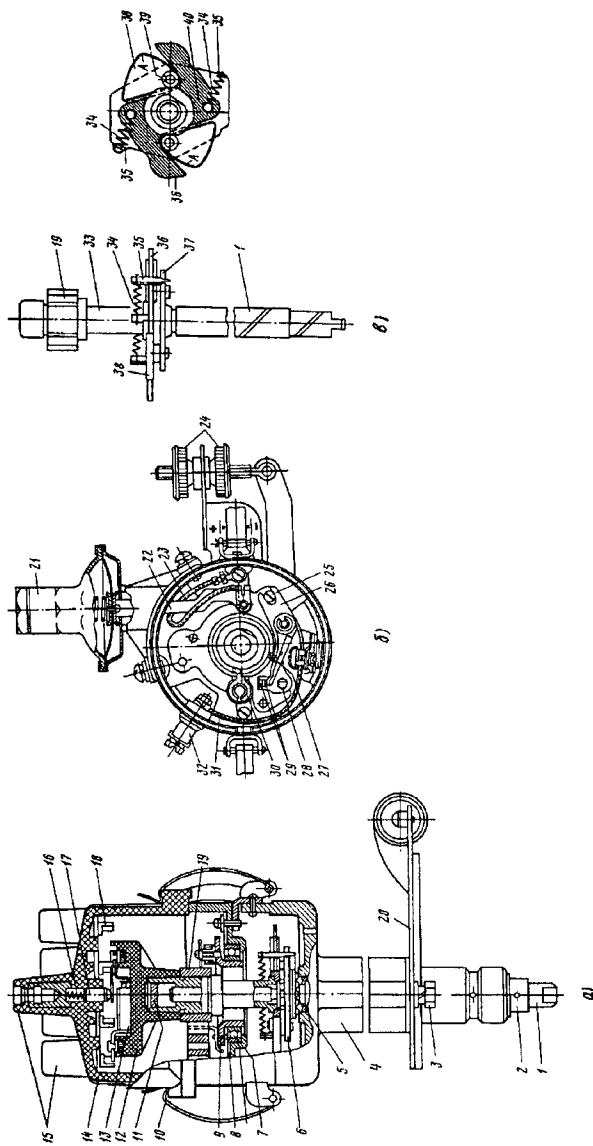


Рис. 6.30. Распределитель RI37:

a — общий вид; *б* — центробежный регулятор; *в* — вид сверху; *1* — вал; *2* — муфта; *3* — болт крепления октан-корректора; *4* — корпус; *5* — бронзовая втулка; *6* — центробежный регулятор; *7* — подшипник; *8* — неподвижный диск; *9* — подвижный диск; *10* — за-
 шелка; *11, 30* — фильцы; *12* — ротор; *13* — резистор; *14* — крышка; *15* — выводы; *16* — пружина; *17* — контактный диск; *18* — элек-
 трод крышки; *19* — кулачок; *20* — октан-корректор; *21* — вакуумный регулятор; *22* — тяга; *23* — проводник, соединяющий под-
 вижный диск с корпусом; *24* гайка; *25* эксцентрик; *26* держатель неподвижного контакта; *27* рычажок; *28* винт; *29*
 контакты; *31* — проводник; *32* — вывод; *33* втулка кулачка; *34* пружина; *35* стойка поводковой пластины; *36, 37* повод-
 ковые пластины кулачка и грузиков; *38* — грузик; *39* — ось грузика; *40* — штифт на поводковой пластине кулачка

ный УОЗ устанавливается с помощью гаек 24 октан-корректора. Требуемая характеристика центробежного регулятора обеспечивается соответствующей конфигурацией грузиков 38 и жесткостью пружин 34.

6.5.4. Тиристорные системы зажигания

В системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора функцию электронного реле выполняют тиристоры, управляемые контактным прерывателем, поэтому такие системы называют контактно-тиристорными. Известны системы с импульсным и с непрерывным накоплением энергии в электростатическом поле.

Система с непрерывным накоплением энергии (рис. 6.31) содержит двухтактный преобразователь напряжения, состоящий из двух транзисторов $VT1$ и $VT2$, трансформатора $T1$, резисторов $R2$ и $R3$ и конденсатора $C1$. Двухполупериодный выпрямитель с нулевой точкой (диоды $VD1$ и $VD2$) служит для выпрямления выходного напряжения преобразователя. Выпрямитель нагружен накопительным конденсатором $C2$, параллельно которому подключен резистор $R4$. Тиристор VS прерывает ток в первичной обмотке $L1$ катушки зажигания (трансформатор $T2$). Управление тиристором осуществляется контактным $S2$ синхронизатором момента зажигания.

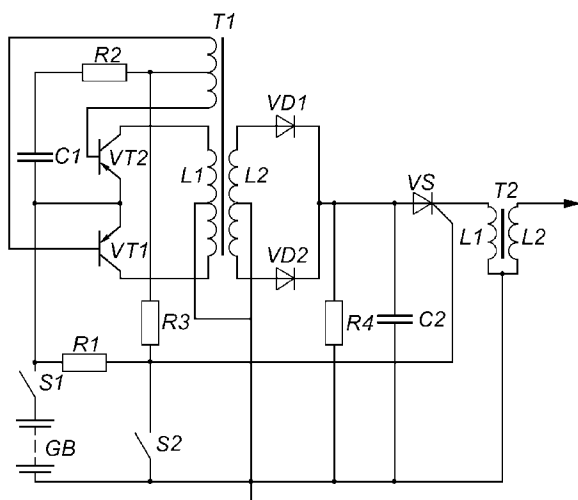


Рис. 6.31. Тиристорная система зажигания с непрерывным накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора

При замыкании контактов $S1$ выключателя зажигания срабатывает двухтактный преобразователь напряжения. На выводах вторичной обмотки $L2$ трансформатора $T1$ появляется переменное напряжение прямоугольной формы с амплитудой 200–500 В. Выпрямленное постоянное напряжение подается на заряд накопительного конденсатора $C2$, если контакты $S2$ синхронизатора момента зажигания замкнуты. Тиристор находится в закрытом состоянии, так как его цепь управления шунтирована замкнутыми контактами $S2$ синхронизатора.

В момент размыкания контактов $S2$ синхронизатора напряжение от аккумуляторной батареи GB подается через резистор $R1$ к управляющему электроду тиристора VS . Через открытый тиристор происходит разряд конденсатора $C2$ на первичную обмотку $L1$ катушки зажигания $T2$, вследствие чего в ее вторичной обмотке $L2$ индуцируется высокая ЭДС. При соответствующем подборе параметров элементов рассмотренной системы зажигания можно на всех режимах работы двигателя обеспечить полный заряд конденсатора и получить практически не зависящее от частоты вращения коленчатого вала двигателя вторичное напряжение. Цепочка $C1$ – $R2$ обеспечивает надежный пуск транзисторного преобразователя.

В системе с импульсным накоплением энергии при замыкании контактов $S1$ (рис. 6.32) выключателя зажигания и размыкания контактов $S2$ синхронизатора момента зажигания на базу транзистора VT подается положительный импульс напряжения от аккумуляторной батареи GB . Транзистор переходит в состояние насыщения, пропуская через эмиттер-коллекторный переход и первичную обмотку $L1$ трансформатора ток, создающий магнитное поле в трансформаторе. В момент замыка-

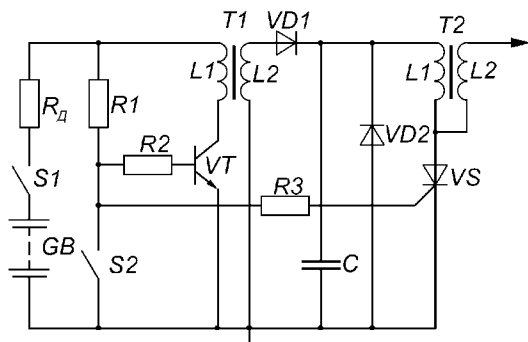


Рис. 6.32. Тиристорная система зажигания с импульсным накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора

ния контактов $S2$ синхронизатора цепь базы транзистора VT замыкается накоротко, транзистор переходит в состояние отсечки, ток в обмотке $L1$ трансформатора исчезает, а во вторичной обмотке индуцируется высокая ЭДС. В это время замкнутые контакты $S2$ синхронизатора шунтируют цепь управления тиристором. Тиристор закрыт, а конденсатор C через диод $VD1$ заряжается до напряжения 200–400 В.

При следующем замыкании контактов $S2$ синхронизатора к управляющему электроду тиристора через резисторы R_d , $R1$, $R3$ подается напряжение от аккумуляторной батареи. Тиристор открывается. Ток разряда конденсатора проходит через первичную обмотку $L1$ катушки трансформатора и на выводах вторичной обмотки появляется импульс высокого напряжения, подаваемого на свечу зажигания.

В системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора обеспечивается более высокая скорость нарастания вторичного напряжения, что делает ее менее чувствительной к наличию шунтирующих резисторов нагара свечей зажигания. Однако вследствие высокой скорости роста вторичного напряжения возрастает напряжение пробоя по сравнению с системами с накоплением энергии в магнитном поле. Кроме того, из-за сокращения длительности индуктивной составляющей искрового разряда ухудшаются воспламенение и сгорание топливовоздушной смеси при пуске двигателя и работе его на режимах частичных нагрузок.

6.6. БЕСКОНТАКТНЫЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

6.6.1. Датчики момента искрообразования

В бесконтактных транзисторных системах зажигания (БТСЗ) функции синхронизаторов момента зажигания выполняют бесконтактные датчики, как правило, конструктивно объединенные в датчиках-распределителях с устройством распределения импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя. Датчики могут быть параметрическими или генераторными.

Параметрические датчики изменяют те или иные параметры в электрической цепи управления (сопротивление, индуктивность, емкость).

Генераторные датчики в управляющих цепях являются источниками тока. Работа датчиков основана на использовании различных физических явлений. Широко известны магнитоэлектрические, фото-

электрические, оптоэлектронные, индуктивные и взаимноиндуктивные датчики, пьезодатчики, датчики на магнисторах, на эффектах Холла и Вигонда и др.

Взаимоиндуктивные параметрические датчики вырабатывают сигнал управления при изменении магнитной связи между обмотками или их индуктивности.

Датчики на магнисторах изменяют напряжение на выводах обмотки, намотанной на отрезок специально обработанной магнитной проволоки. При перемагничивании данного отрезка проволоки за счет коммутации магнитного потока от неподвижных магнитов или от вращающихся магнитов в обмотке возникают кратковременные импульсы напряжения.

В фотодатчиках используются фотоэлементы, преобразующие энергию световых импульсов в электрическую энергию, а также фоторезисторы, фотодиоды и фототранзисторы, сопротивление которых изменяется с изменением силы падающего на них света. Для изменения силы света между источником света и фотодатчиком устанавливается непрозрачная цилиндрическая шторка или диск с прорезями. Число прорезей должно быть равно числу цилиндров двигателя. Привод шторки или диска осуществляется от коленчатого вала двигателя.

В пьезодатчиках управляющим сигналом является импульс ЭДС, возникающий в некоторых кристаллах при механическом воздействии на них.

Наибольшее распространение в БТСЗ на отечественных автомобилях получили магнитоэлектрические датчики и датчики Холла, обеспечивающие высокую точность отслеживания момента искрообразования и обладающие повышенной помехозащищенностью и стойкостью к внешним воздействиям.

6.6.2. Магнитоэлектрические датчики

Действие магнитоэлектрических датчиков (МЭД) основано на явлении электромагнитной индукции. МЭД представляет собой однофазный генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов, в котором механическая энергия преобразуется в электрическую. Различают МЭД коммутаторного типа с пульсирующим магнитным потоком и с вращающимися магнитами, знакопеременным магнитным потоком и симметричной формой выходного напряжения $U_{\text{вых}}$.

Схема генераторного датчика коммутаторного типа приведена на рис. 6.33. Принцип его действия основан на изменении магнитного

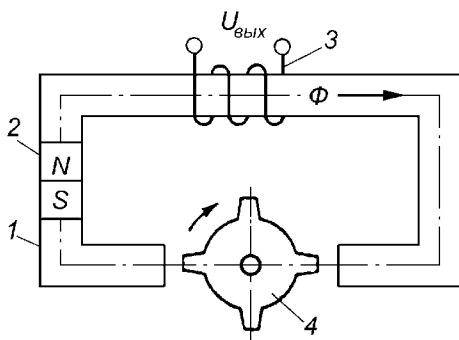


Рис. 6.33. Схема генераторного датчика типа коммутаторного:

1 — магнитопровод статора; 2 — постоянный магнит; 3 — обмотка статора; 4 — коммутатор

сопротивления магнитной цепи датчика и магнитного потока, пронизывающего обмотку 3, при изменении длины воздушного зазора между зубцами вращающегося ротора-коммутатора 4 и полюсными наконечниками неподвижного статора, в магнитопроводе которого установлен постоянный магнит 2.

При вращении зубчатого ротора из магнитомягкой стали в обмотке статора в соответствии с законом электромагнитной индукции наводится переменная ЭДС. Когда пара зубцов набегает на полюсные наконечники статора, магнитный поток Φ растет, а после достижения максимального значения и удаления зубцов ротора от полюсных наконечников статора — уменьшается. Зависимости магнитного потока Φ и напряжения на выводах обмотки статора от угла поворота валика датчика-распределителя даны на рис. 6.34. Максимальное значение магнитного потока возможно при совпадении осевых линий зубцов ротора и полюсных наконечников статора. В такой момент выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ меняет знак. Напряжение $U_{\text{вых}}$ от положительного максимального значения до отрицательного изменяется очень быстро. Резкий переход выходного напряжения датчика через нулевое значение может быть использован для выработки сигнала управления моментом зажигания. Максимальные и минимальные значения напряжения $U_{\text{вых}}$ соответствуют максимальным скоростям $(d\Phi/d\alpha)_{\text{max}}$ изменения магнитного потока по углу поворота валика датчика-распределителя.

МЭД с вращающимися магнитами состоят из неподвижной обмотки 3 (рис. 6.35) статора 1 и постоянного магнита 2, жестко связанного с ва-

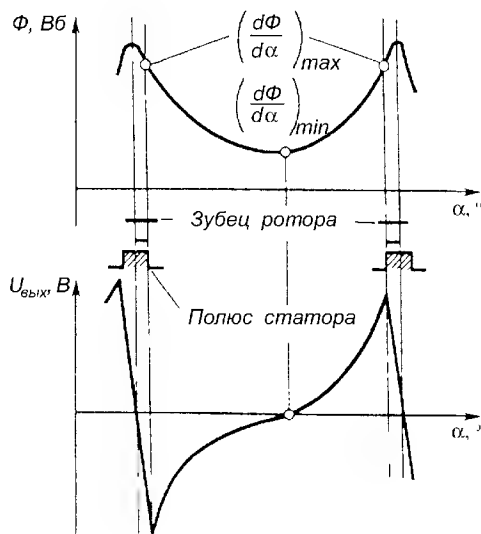


Рис. 6.34. Зависимости магнитного потока и напряжения на выводах обмотки статора от угла α поворота валика датчика-распределителя

ликом датчика-распределителя. Число пар полюсов магнита равно числу цилиндров двигателя.

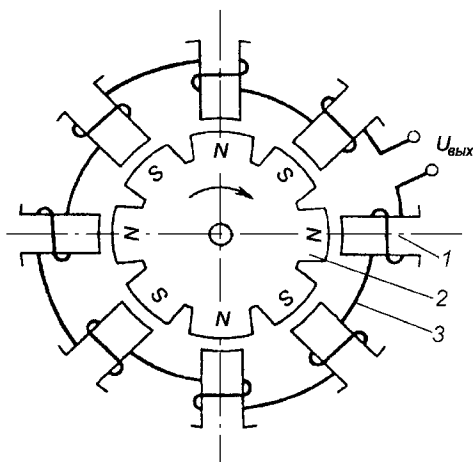


Рис. 6.35. Схема МЭД с вращающимся магнитом для четырехцилиндрового двигателя: 1 — статор; 2 — постоянный магнит; 3 — обмотка статора

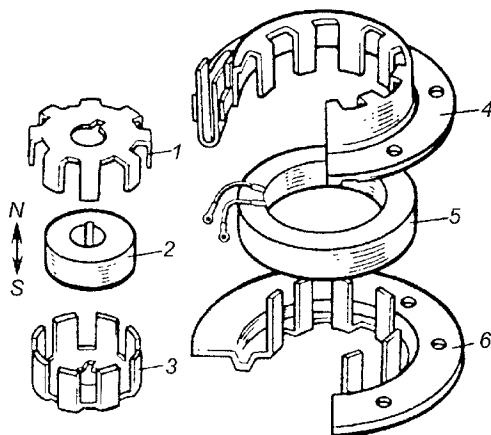


Рис. 6.36. МЭД:

1, 3 — полюсные наконечники; 2 — постоянный магнит; 4, 6 — обоймы магнитной системы статора; 5 — обмотка статора

Конструктивно ротор МЭД, устанавливаемых в датчиках-распределителях БТСЗ, представляет собой кольцевой постоянный магнит 2 (рис. 6.36), размещенный между двумя частями когтеобразной магнитной системы с полюсными наконечниками 1 и 3. Кольцевая обмотка 5 статора расположена между двумя обоймами 4 и 6 магнитной системы статора с когтеобразными наконечниками, число пар которых равно числу пар полюсных наконечников ротора.

При вращении ротора в магнитной системе статора изменяется магнитный поток, пронизывающий обмотку статора, и на выходе датчика появляются близкие к синусоидальным импульсы напряжения. Развиваемое датчиком напряжение подается на вход транзисторного коммутатора БТСЗ, который коммутирует ток в первичной цепи катушки зажигания, обеспечивая накопление энергии в ней и возникновение высокого вторичного напряжения в момент искрообразования с соответствующим УОЗ.

Недостатками МЭД являются значительная индуктивность обмотки и влияние на амплитуду и скважность вырабатываемого сигнала управления частоты вращения ротора датчика. Изменение напряжения МЭД по углу поворота ротора при различных частотах его вращения показано на рис. 6.37. Если уровень напряжения, при котором управляемый МЭД транзистор коммутатора переходит в состояние насыщения или отсечки, соответствует значению $U_{откр}$, то при низкой частоте вращения ротора $n_{р1}$ искрообразование произойдет позже,

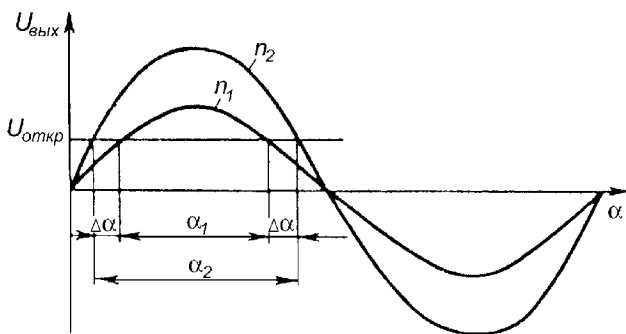


Рис. 6.37. Зависимость выходного напряжения МЭД от угла поворота ротора при различных частотах вращения валика датчика-распределителя

чем при более высокой частоте вращения n_{p2} . Следовательно, изменение частоты вращения коленчатого вала автоматически приводит к смещению УОЗ. Это смещение необходимо компенсировать механическими автоматами опережения зажигания или применять корректирующие элементы в коммутаторе, что усложняет его схему.

6.6.3. Датчик Холла

Работа датчика Холла (ДХ) основана на использовании гальваномагнитного эффекта в элементе Холла (рис. 6.38), который представляет собой тонкую пластину с четырьмя выводами, выполненную из полупроводниковых материалов: германия, кремния, арсенида галлия, арсенида индия. Толщина пластины из полупроводникового кристалла составляет 10^{-4} м.

Схема переключателя на эффекте Холла дана на рис. 6.39. ЭДС Холла очень мала, зависит от силы тока в пластине (от напряжения пи-

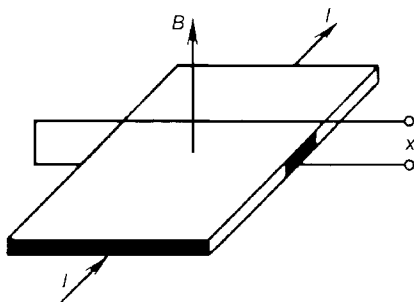


Рис. 6.38. Полупроводниковый элемент Холла

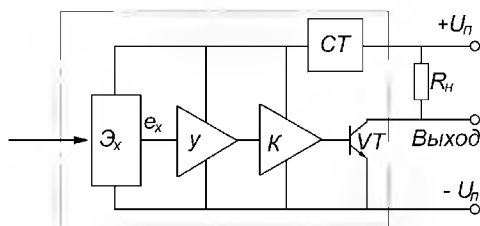


Рис. 6.39. Схема микропереключателя на эффекте Холла:

R_n — нагрузка датчика; e_x — ЭДС элемента Холла

тания U_n) и температуры, поэтому ДХ помимо элемента Холла (ЭХ) включает в себя преобразователь с усилителем (У), пороговый элемент (К), выходной каскад на транзисторе VT и стабилизатор напряжения СТ. Конструктивно и технологически ДХ выполнен в виде одной микросхемы, называемой магнитоуправляемой интегральной схемой.

Магнитное поле в датчике создается постоянным магнитом 5 (рис. 6.40). Магнитная система и магнитоуправляемая интегральная схема 1, объединенные в одном корпусе 6, образуют микропереключатель на эффекте Холла. Коммутация магнитного потока осуществляется ротором 2 в виде шторки с экранами 3 и прорезями, выполненным из магнитомягкой стали. Ротор связан с валиком 4 датчика-распределителя и вместе с ним вращается. Число прорезей равно числу цилиндров двигателя.

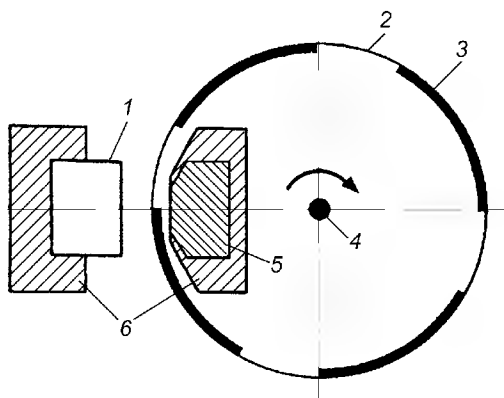
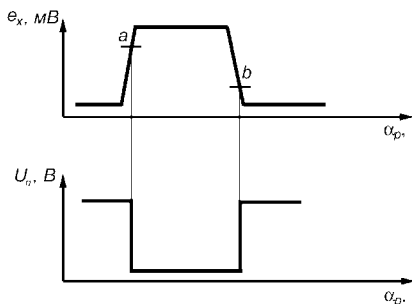


Рис. 6.40. Схема датчика Холла:

1 — магнитоуправляемая интегральная схема; 2 — ротор; 3 — экран; 4 — валик датчика-распределителя; 5 — магнит; 6 — корпус микропереключателя

Рис. 6.41. Зависимости ЭДС чувствительного элемента Холла и напряжения $U_{\text{вых}}$ на выходе датчика Холла от угла α_p поворота ротора



При прохождении около постоянного магнита прорези ротора силовые линии его магнитного поля пронизывают поверхность элемента Холла, и на его выходе появляется ЭДС e_x . Зависимости ЭДС чувствительного элемента Холла и напряжения на выходе ДХ от угла поворота ротора даны на рис. 6.41. Когда в зазоре между магнитоуправляемой интегральной схемой и магнитом находится экран ротора, происходит шунтирование магнитного потока, и ЭДС снижается до минимума. При периодическом изменении магнитного потока на выходе ДХ формируется сигнал об угловом положении коленчатого вала двигателя в виде импульсов напряжения U_d прямоугольной формы. В ДХ обеспечивается гистерезис переключения входного напряжения, так как уровни a и b ЭДС Холла, соответствующие включению и выключению порогового элемента не совпадают. Частота вращения ротора почти не влияет на фронт и срез импульса ЭДС, поэтому смещение УОЗ у ДХ значительно меньше, чем у генераторного МЭД.

Магнитоуправляемая интегральная схема ДХ, как и все электронные компоненты, чувствительна к воздействию внешних факторов, поэтому она должна удовлетворять требованиям, которые предъявляются к изделиям автомобильной электроники, устанавливаемым в двигательном отсеке.

В ДХ 40.3706.800 форма и амплитуда сигнала не зависят от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Время роста и спада выходного сигнала датчика составляют доли микросекунды. Датчик может работать в широком диапазоне напряжения питания от 4,5 до 18 В при силе тока нагрузки 20 мА. Термическая устойчивость датчика должна обеспечивать нормальную работу при температурах окружающей среды от -40 до $+125$ °С. Смещение УОЗ во всем температурном диапазоне не должно быть большим 0,5–1,5°.

В состав датчика 40.3706.800 входят микросхема типа К116КПЗ и магнитная система на ферритобариевом магните.

6.6.4. БТСЗ с МЭД и нерегулируемым временем накопления энергии

Упрощенная схема БТСЗ с МЭД и ненормируемым временем накопления энергии приведена на рис. 6.42. Формирующий каскад БТСЗ выполнен по схеме усилителя постоянного тока на транзисторах $VT1$ и $VT2$.

При замкнутых контактах $S1$ выключателя зажигания и неподвижном роторе датчика G ток в управляющей цепи база—эмиттер транзистора $VT1$ отсутствует. Транзистор $VT1$ находится в состоянии отсечки. Высокое напряжение на коллекторе транзистора $VT1$ способствует переводу в состояние насыщения транзистора $VT2$, а затем и выходного коммутирующего транзистора $VT3$. Через открытый эмиттер-коллекторный переход транзистора $VT3$ в первичную обмотку $L1$ катушки зажигания поступает ток, и в ее магнитном поле начинается процесс накопления энергии.

При вращении ротора МЭД положительная полуволна генерируемого датчиком напряжения переводит транзистор $VT1$ в состояние насыщения. Переход база—эмиттер транзистора $VT2$ шунтируется эмиттер-коллекторным переходом транзистора $VT1$, поэтому транзисторы $VT2$ и $VT1$ лавинообразно закрываются. Сила тока в первичной обмотке $L1$ катушки зажигания T резко уменьшается, а во вторичной обмотке $L2$ возникает высоковольтный импульс вторичного напряжения, который распределителем $S2$ подается к соответствующей свече зажигания.

Схема БТСЗ "Искра" (рис. 6.43) восьмицилиндровых двигателей автомобилей ЗИЛ-131 в отличие от схемы, приведенной на рис. 6.42,

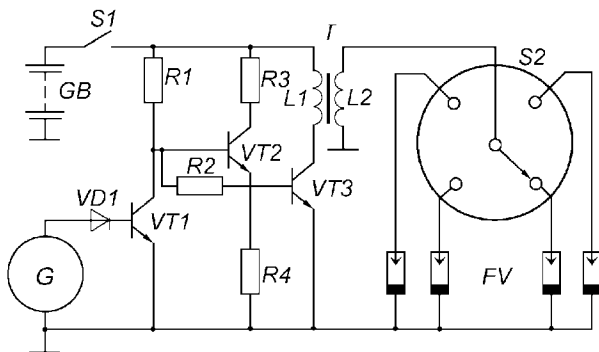


Рис. 6.42. Схема БТСЗ с МЭД и ненормируемым временем накопления энергии

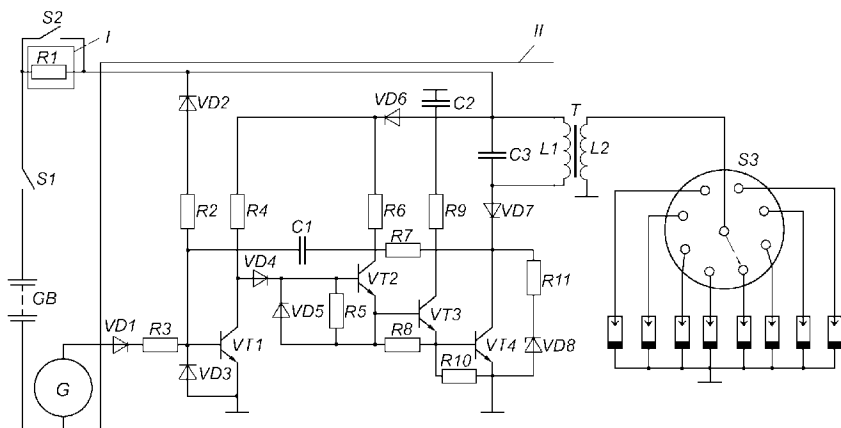


Рис. 6.43. Схема БТСЗ "Искра":

I – добавочный резистор; *II* – транзисторный коммутатор

содержит дополнительные элементы, обеспечивающие более надежную работу коммутатора в сложных условиях эксплуатации.

В состав БТСЗ "Искра" входят катушка зажигания Б118, датчик-распределитель Р351, транзисторный коммутатор ТК200, добавочный резистор СЭ326 и аварийный вибратор РС331. Датчик-распределитель конструктивно объединяет МЭД момента искрообразования, распределитель высокого вторичного напряжения по цилиндрам двигателя и механические регуляторы УОЗ. Добавочный резистор *I* сопротивлением 0,6–0,8 Ом заблокирован с выключателем *S2*, расположенным в контактной полости электромагнитного тягового реле стартера.

Транзисторный коммутатор *II* осуществляет коммутацию тока в первичной цепи катушки. Когда ротор МЭД неподвижен, управляющий сигнал от датчика отсутствует. Транзистор *VT1* (КТ602Б) находится в состоянии отсечки, его база и эмиттер, соединенные через диод *VD3*, имеют одинаковый потенциал. Сопротивление эмиттер-коллекторного перехода транзистора *VT1* максимально, поэтому потенциал базы транзистора *VT2* (КТ602Б) будет больше потенциала эмиттера. Ток, протекающий от положительного вывода аккумуляторной батареи *GB* через замкнутые контакты *S1* выключателя зажигания, добавочный резистор *R1*, диод *VD6*, резистор *R4*, диод *VD4*, переход база–эмиттер транзистора *VT2*, резисторы *R8*, *R10* и корпус (массу) автомобиля к отрицательному выводу аккумуляторной бата-

реи, переводит транзистор *VT2* в состояние насыщения, что, в свою очередь, приводит к последовательному открытию транзисторов *VT3* (П-702) и *VT4* (КТ808А). Открытый переход эмиттер—коллектор выходного транзистора *VT4* коммутатора замыкает цепь первичной обмотки катушки зажигания.

При вращении ротора изменяется магнитный поток, пронизывающий обмотку статора МЭД, что вызывает появление на входе коммутатора переменного напряжения, которое через диод *VD1* и резистор *R3* поступает на базу транзистора *VT1*. Положительный импульс управляющего сигнала МЭД переводит транзистор *VT1* в состояние насыщения, а транзисторы *VT2*, *VT3* и *VT4* в состояние отсечки. Отрицательный импульс напряжения МЭД запирает транзистор *VT1*, открывая транзисторы *VT2*, *VT3* и *VT4*. Далее процесс повторяется.

Диоды *VD4*, *VD5* и резисторы *R5*, *R8* и *R10* обеспечивают надежное запирающее транзисторов *VT2*, *VT3* и *VT4* при переходе транзистора *VT1* в состояние насыщения во всем температурном диапазоне работы системы зажигания. Диод *VD1* и резистор *R3* защищают переход база—эмиттер транзистора *VT1* от перенапряжений и перегрузок по току при высоких частотах вращения ротора датчика. Диод *VD6* защищает транзисторы *VT2*, *VT3* и *VT4* от случайной перемены полярности аккумуляторной батареи в эксплуатации. Диод *VD7* обеспечивает защиту транзистора *VT4* от инверсных токов во время переходного процесса в катушке зажигания. Стабилитрон *VD8* и резистор *R11* служат для защиты эмиттер-коллекторного перехода транзистора *VT4* от высоких напряжений, индуцируемых в первичной обмотке катушки зажигания при резком уменьшении первичного тока.

Независимо от управляющего сигнала МЭД стабилитрон *VD2*, соединенный последовательно с резистором *R2*, пробивается, если напряжение в бортовой сети автомобиля превышает допустимое значение 17–18 В. При этом транзистор *VT1* открывается и переводит транзисторы *VT2*, *VT3* и *VT4* в состояние отсечки на все время действия импульса перенапряжения.

Для снижения энергии, рассеиваемой при переходе транзистора *VT4* в состояние отсечки, в схему БТСЗ "Искра" введен конденсатор *C3*, который также несколько увеличивает вторичное напряжение. Конденсатор *C2* выполняет функции сглаживающего фильтра при возможных пульсациях напряжения бортовой сети электрооборудования автомобиля.

Положительная обратная связь между коллектором транзистора *VT4* и базой транзистора *VT1* в виде последовательно соединенных конденсатора *C1* и резистора *R7* срабатывает при запуске транзистора *VT4*. В этом случае по цепочке *C1–R7* положительная полуволна ЭДС самоиндукции с первичной обмотки катушки зажигания подводится к базе транзистора *VT1*, ускоряя его отпирание, что способствует обеспечению бесперебойного искрообразования при низких пусковых частотах вращения коленчатого вала двигателя.

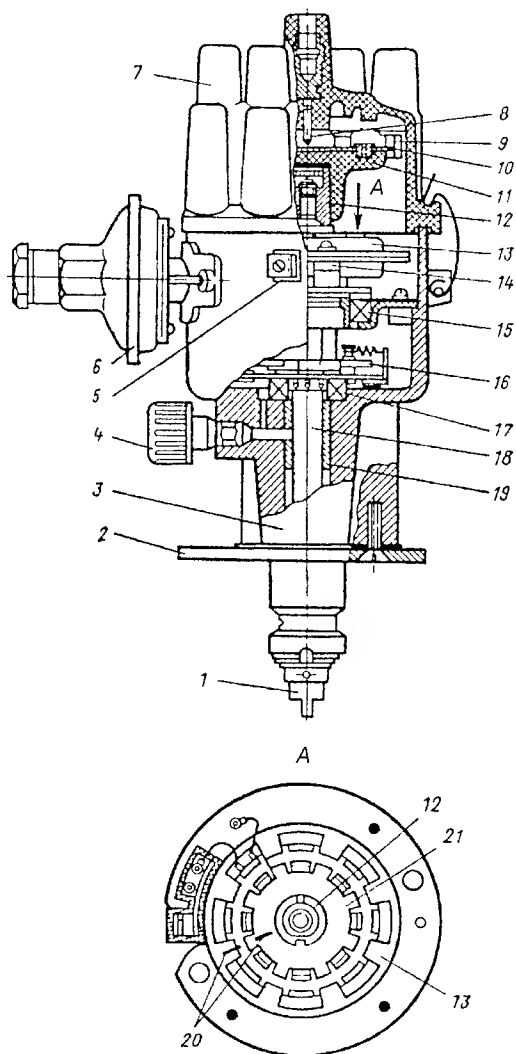
Катушки зажигания Б118 и Б116 выполнены по трансформаторной схеме и по конструктивному исполнению незначительно отличаются от катушек зажигания контактных и контактно-транзисторных систем зажигания. Катушка зажигания Б118 — экранированная, маслonaполненная, герметизированная с коэффициентом трансформации 1:16. Рассчитана на работу при напряжении бортовой сети автомобиля 12 и 24 В.

Нихромовые спирали двух секций **добавочного резистора** размещены в металлическом корпусе. Выводы, к которым присоединены концы секций, имеют маркировку "+", "С" и "К". Величина сопротивления секции между выводами "+" и "С" составляет 0,71 Ом, а секции между выводами "С" и "К" — 0,52 Ом.

Датчик-распределитель 24.3706 (рис. 6.44) обеспечивает управление работой транзисторного коммутатора, распределение импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя в соответствии с порядком их работы, автоматическое регулирование момента зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя центробежным 16 и вакуумным 6 регуляторами и установку начального УОЗ октан-корректором.

В корпус 3 из алюминиевого сплава запрессована медно-графитовая втулка 19, в которой вращается валик 18 датчика-распределителя. Вместе с валиком вращается ротор 21 МЭД и ротор 11 с электродом 10 устройства для распределения высоковольтных импульсов по цилиндрам двигателя. Привод валика распределителя осуществляется через закрепленный на нем присоединительный шип 1. Для смазывания медно-графитовой втулки 19 и упорного подшипника 17 предусмотрена масленка 4.

Статор 13 датчика с помощью опор 14 установлен на подвижной пластине, жестко закрепленной на внутренней обойме подшипника 15 и шарнирно связанной с тягой вакуумного регулятора. Внешняя обойма подшипника 15 относительно корпуса 3 неподвижна. Обмотка ста-



A

Рис. 6.44. Датчик-распределитель 24.3706:

1 — присоединительный шип; 2 — пластина октан-корректора; 3 — корпус; 4 — масленка; 5 — изолированный вывод; 6 — вакуумный регулятор; 7 — крышка распределителя; 8 — центральный электрод (уголек); 9 — электрод крышки распределителя; 10 — электрод ротора распределителя; 11 — ротор распределителя; 12 — втулка; 13 — статор датчика; 14 — опора; 15, 17 — подшипники; 16 — центробежный регулятор; 18 — валик; 19 — медно-графитовая втулка; 20 — риски; 21 — ротор МЭД

тора имеет один изолированный вывод 5, расположенный на корпусе датчика-распределителя. Второй конец обмотки соединен с корпусом.

Центробежный регулятор 16 изменяет УОЗ, поворачивая ротор МЭД относительно статора, а вакуумный регулятор поворачивает статор относительно ротора. Для установки начального УОЗ на роторе и статоре нанесены риски 20, которые должны совпадать при положении коленчатого вала, соответствующем моменту искрообразования в первом цилиндре двигателя.

6.6.5. БТСЗ с датчиком Холла и регулируемым временем накопления энергии

В БТСЗ с МЭД и в системах зажигания с контактным управлением моментом зажигания с уменьшением частоты вращения коленчатого вала двигателя увеличиваются время замкнутого состояния первичной цепи катушки зажигания и тепловые потери в ней. При этом энергия, накапливаемая в магнитном поле катушки зажигания, возрастает в меньшей степени. Поэтому для более рационального использования энергии, потребляемой от источника электроснабжения, и снижения тепловой нагрузки на элементы системы зажигания время t_n накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания необходимо регулировать.

Принцип регулирования времени t_n накопления энергии в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя и напряжения бортовой сети электрооборудования реализован в БТСЗ автомобиля ВАЗ-2108, в состав которой входят электронный коммутатор 36.3734, датчик-распределитель и катушка зажигания.

В отличие от контактно-транзисторных систем зажигания БТСЗ с МЭД в магнитном поле катушки системы зажигания автомобиля ВАЗ-2108 накапливается в 1,5–2 раза большая энергия, а рассеиваемая мощность уменьшается в 2–3 раза. Это позволило уменьшить габаритные размеры и массу коммутатора и улучшить выходные характеристики системы зажигания. Энергия искрового разряда повышена до 40–50 мДж. При шунтирующем сопротивлении свечи зажигания $R_{ш} = 1$ МОм и емкости вторичной цепи $C_{ш} = 50$ мкФ система зажигания развивает вторичное напряжение до 26–30 кВ.

В качестве синхронизатора момента зажигания в БТСЗ с регулируемым временем накопления энергии используется датчик Холла, установленный в датчике-распределителе с центробежным и вакуумным регуляторами опережения зажигания обычной конструкции.

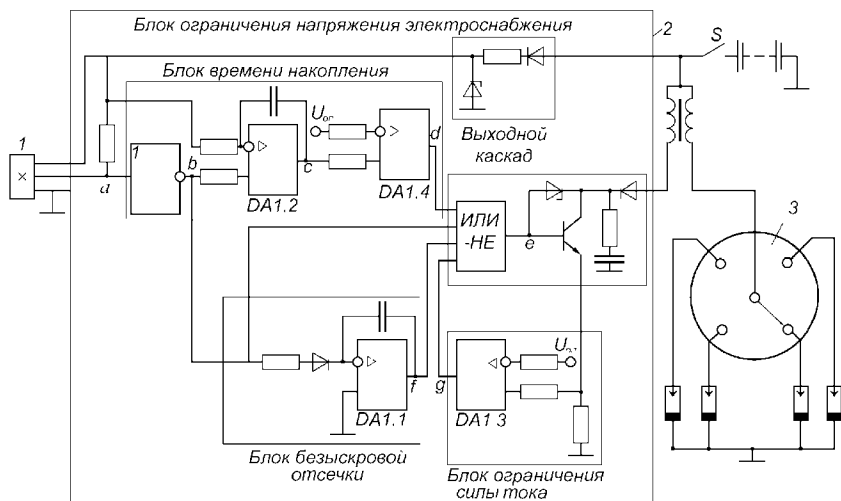


Рис. 6.45. Схема системы зажигания с датчиком Холла и регулируемым временем накопления энергии:

1 — датчик Холла; 2 — электронный коммутатор; 3 — распределитель

Электронный коммутатор 36.3734 содержит несколько блоков различного функционального назначения. На рис. 6.45 дана схема системы зажигания с датчиком Холла и регулируемым временем накопления энергии.

Блок времени накопления при различных частотах вращения коленчатого вала и напряжении бортовой сети формирует импульсы тока в первичной цепи катушки зажигания определенной длительности, обеспечивающей минимальное рассеивание мощности при условии накопления в магнитном поле катушки зажигания энергии, достаточной для получения требуемых параметров искрового разряда.

Блок ограничения силы тока ограничивает амплитуду импульсов тока в первичной цепи катушки зажигания при низких частотах вращения коленчатого вала двигателя и высоком напряжении бортовой сети электрооборудования автомобиля.

Блок безыскровой отсечки прерывает ток в первичной цепи катушки зажигания в том случае, когда контакты выключателя зажигания замкнуты, а коленчатый вал двигателя не вращается.

Блок ограничения напряжения электроснабжения стабилизирует напряжение при возможных перенапряжениях в бортовой сети электрооборудования автомобиля.

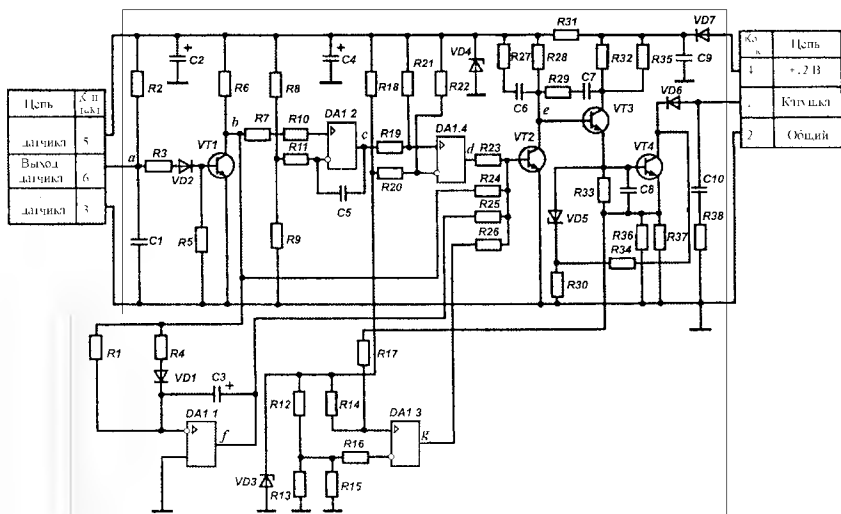


Рис. 6.46. Электрическая схема электронного коммутатора 36.3734

Выходной каскад в соответствии с управляющими импульсами от блоков времени накопления, ограничения силы тока и безыскровой отсечки формирует импульсы тока в первичной цепи катушки зажигания требуемой скважности и амплитуды.

Основные функциональные блоки коммутатора реализованы на базе микросхемы K1401УД1, содержащей четыре операционных усилителя *DA1.1*, *DA1.2*, *DA1.3* и *DA1.4* с автономными входами и выходами и общим источником электроснабжения.

При замыкании контактов выключателя зажигания в зависимости от положения экрана выходное напряжение датчика Холла (в точке *a*) может быть минимальным или максимальным. При низком уровне сигнала датчика инвертирующий транзистор *VT1* (рис. 6.46) находится в состоянии отсечки. Напряжение на выходе инвертора (в точке *b*) практически равно напряжению аккумуляторной батареи. Это напряжение через резистор *R24* подается на базу транзистора *VT2* логического элемента ИЛИ-НЕ. Транзистор *VT2* переходит в состояние насыщения, последовательно переключая транзисторы *VT3* и *VT4* выходного каскада в состояние отсечки. Ток в первичной цепи катушки зажигания отсутствует.

При высоком уровне сигнала датчика транзистор *VT1* перейдет в состояние насыщения. На выходе инвертора устанавливается логиче-

ский ноль. На входы логического элемента ИЛИ-НЕ не подается ни одного положительного сигнала. Поэтому транзистор $VT2$ находится в состоянии отсечки. На выходе логического элемента (в точке e) устанавливается сигнал логической единицы, который переводит транзисторы $VT3$ и $VT4$ в состояние насыщения.

Однако, при подаче на инверсный вход интегратора $DA1.1$ сигнала низкого уровня с выхода инвертора, на выходе интегратора появляется медленно возрастающее положительное напряжение, которое через резистор $R25$ подается на базу транзистора $VT2$. Когда напряжение на выходе интегратора $DA1.1$ при невращающемся коленчатом вале достигает уровня, достаточного для перехода транзистора $VT2$ в состояние насыщения, транзистор $VT4$ перейдет в состояние отсечки и разомкнет цепь первичной обмотки катушки зажигания.

Напряжение на выходе интегратора $DA1.1$ возрастает вследствие заряда конденсатора $C3$, что достигается специальным включением схемы операционного усилителя. Время заряда конденсатора $C3$ выбирается таким, чтобы при вращении коленчатого вала с минимальной частотой при пуске двигателя напряжение на выходе интегратора $DA1.1$ не влияло на работу логического элемента ИЛИ-НЕ. С другой стороны, параметры схемы интегратора подбираются такими, чтобы конденсатор $C3$ очень быстро разряжался.

Прямоугольный сигнал датчика Холла через инвертор поступает также на прямой вход интегратора $DA1.2$ блока времени накопления. При высоком уровне сигнала инвертора на выходе интегратора $DA1.2$ (в точке c) формируется пилообразный сигнал, максимальное напряжение которого пропорционально длительности заряда конденсатора $C5$. Напряжение на выходе интегратора растет практически по линейному закону. Вырабатываемый интегратором сигнал подается на прямой вход компаратора, выполненного на операционном усилителе $DA1.4$. К инверсному входу компаратора от стабилитрона $VD3$ через резистор $R20$ поступает опорное напряжение $U_{оп}$.

Когда напряжение на выходе интегратора выше уровня опорного напряжения компаратора, на выходе компаратора устанавливается сигнал логической единицы, который через резистор $R23$ подается на базу транзистора $VT2$, удерживая его в состоянии насыщения. Состояние насыщения транзистора $VT2$ и состояние отсечки выходного транзистора $VT4$ определяются наличием хотя бы на одном из входов логического элемента ИЛИ-НЕ положительного сигнала. После появления сигнала логической единицы на выходе компаратора на вхо-

ды логического элемента поступают два положительных сигнала: от компаратора (точка *d*) и инвертора (точка *b*).

При появлении сигнала высокого уровня с датчика Холла (точка *a*) на выходе инвертора и входе интегратора *DA1.2* (точка *b*) устанавливается логический нуль. Конденсатор *C5* начинает разряжаться. Пока выходное напряжение интегратора *DA1.2* превышает опорное напряжение компаратора, на один из входов логического элемента ИЛИ-НЕ через резистор *R23* продолжает поступать положительный сигнал (точка *d*). Транзистор *VT2* остается в состоянии насыщения, а выходной транзистор *VT4* в состоянии отсечки.

Переход транзистора *VT2* в состояние отсечки, а выходного транзистора *VT4* — в состояние насыщения, когда цепь первичной обмотки катушки зажигания замыкается, возможен только при отсутствии положительных сигналов на всех входах логического элемента ИЛИ-НЕ. Такая ситуация возникает после того, как напряжение на выходе интегратора *DA1.2* опустится ниже уровня опорного напряжения компаратора. При переключении транзистора *VT4* в состояние насыщения начинается процесс накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания, который длится в течение времени t_n нахождения транзистора *VT4* в состоянии насыщения. Процесс накопления энергии заканчивается, когда на выходе инвертора (точка *b*) появляется сигнал высокого уровня, который отпирает транзистор *VT2* и запирает транзисторы *VT3* и *VT4*. Сила тока в первичной цепи катушки резко уменьшается, а во вторичной цепи возникает импульс высокого вторичного напряжения. Момент искрообразования соответствует переходу от высокого уровня сигнала датчика Холла к низкому (срезу сигнала) и одновременному переходу сигнала на выходе инвертора (точка *b*) от низкого уровня к высокому (фронту сигнала), когда на базу транзистора *VT2* логического элемента ИЛИ-НЕ через резистор *R24* вновь подается положительное напряжение.

Регулирование времени накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания осуществляется следующим образом.

С увеличением частоты вращения n коленчатого вала двигателя амплитуда выходного напряжения интегратора *DA1.2* уменьшается, длительность импульса высокого уровня на выходе компаратора *DA1.4* (точка *d*) сокращается, тогда как время накопления энергии t_n остается практически постоянным. При постоянном опорном уровне напряжения (около 2 В) компаратора с увеличением n уменьшается скважность импульса тока в первичной обмотке катушки зажигания,

т.е. увеличивается длительность периода t_n относительно длительности периода T следования искровых разрядов.

При предельной частоте вращения $n_{\text{пред}}$ коленчатого вала, когда максимальное напряжение интегратора станет меньше опорного напряжения компаратора, состояние транзисторов VT_2 , VT_3 и VT_4 будет зависеть только от управляющих сигналов датчика Холла и инвертора. Время накопления энергии t_n определяется длительностью промежутка времени между фронтом и срезом сигнала датчика Холла. Это время уже не регулируется и находится в прямой зависимости от угла поворота валика датчика-распределителя. Поскольку скважность сигнала датчика неизменна, то и скважность сигнала, определяющего время накопления энергии t_n , также не будет изменяться. Поэтому при $n > n_{\text{пред}}$ с увеличением частоты вращения коленчатого вала абсолютное значение t_n будет уменьшаться.

При пусковых и низких рабочих частотах вращения коленчатого вала двигателя амплитуда выходного управляющего сигнала интегратора $DA1.2$ ограничивается уровнем напряжения источника электропитания коммутатора.

Выбором параметров опорного напряжения компаратора и постоянных времени зарядной и разрядной цепей конденсатора $C5$ устанавливают наиболее благоприятный с точки зрения рассеиваемой мощности закон изменения времени t_n в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

При уменьшении напряжения источника электропитания выходной транзистор VT_4 раньше замыкает цепь первичной обмотки катушки зажигания, поэтому время накопления энергии по отношению к периоду следования искровых разрядов увеличивается. Временные диаграммы происходящих в коммутаторе процессов при напряжениях в различных точках U_1 и U_2 ($U_2 > U_1$) приведены на рис. 6.47.

Регулирование времени накопления энергии в функции напряжения источника электропитания дополнительно обеспечивается за счет включения на входах компаратора $DA1.4$ (см. рис. 6.46) резисторов $R21$ и $R22$. В данном случае опорный уровень напряжения компаратора зависит от напряжения источника электропитания. Чем выше уровень этого напряжения, тем ниже опорный уровень напряжения компаратора $DA1.4$, продолжительнее разряд конденсатора $C5$ и меньше время t_n .

Когда при малых частотах вращения коленчатого вала двигателя или повышенном напряжении источника электропитания сила тока в первичной цепи катушки зажигания достигает установленной

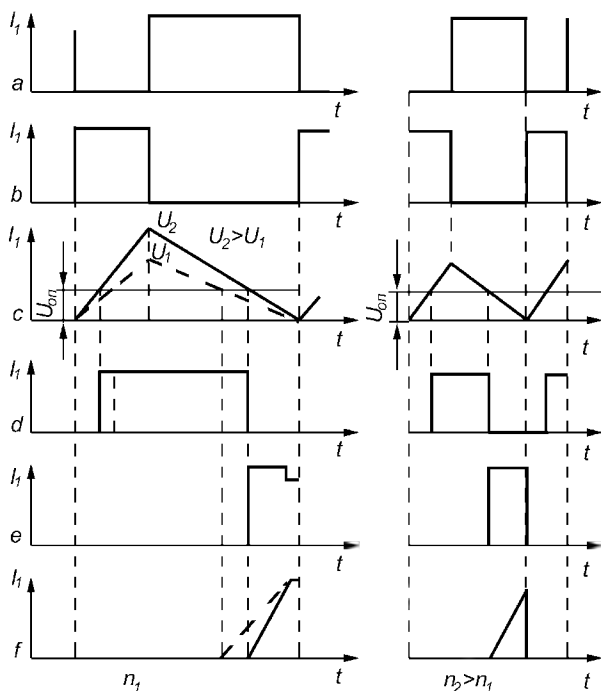


Рис. 6.47. Временные диаграммы тока I_1 в первичной цепи катушки зажигания и напряжения в отдельных точках коммутатора:

$a - f$ — точки см. схему на рис. 6.46

предельной величины, в работу вступают блок ограничения силы тока, содержащий компаратор, построенный на операционном усилителе $DA1.3$ (см. рис. 6.46), и резисторы $R36$ и $R37$. Резисторы включены в цепь первичной обмотки катушки зажигания последовательно с транзистором $VT4$.

Напряжение с параллельно соединенных резисторов $R36$ и $R37$ подается на прямой вход компаратора $DA1.3$, где сравнивается с опорным напряжением на инверсном входе, создаваемым стабилитроном $VD3$ и делителем напряжения на резисторах $R12$, $R13$ и $R15$. Если сила тока I_1 в первичной цепи катушки зажигания превышает допустимое значение, на выходе g компаратора $DA1.3$ появляется сигнал, который через резистор $R26$ поступает на базу транзистора $VT2$ и переводит его из состояния отсечки в активный режим. Напряжение на коллекторе транзистора $VT2$ (точка e) понижается, что также вызывает переход выход-

ного транзистора *VT4* в активный режим работы, но из состояния насыщения. Частичное запираание транзистора *VT4* приводит к уменьшению силы тока и снижению потенциала на резисторах *R36* и *R37* до уровня, меньшего уровня опорного напряжения компаратора. В результате периодического изменения состояния компаратора устанавливается динамическое равновесие, при котором транзистор *VT4*, работая в активном режиме, фиксирует заданный уровень ограничиваемой силы тока. Уровень ограничения амплитуды тока первичной цепи зажигания устанавливается выбором величины опорного напряжения компаратора *DA1.3*. Для точного задания уровня опорного напряжения параллельно резистору *R13* включен подстрочный резистор *R15*.

Когда двигатель не работает, а зажигание остается включенным, для безыскровой отсечки тока в первичной цепи катушки зажигания используется интегратор *DA1.1* с постоянной времени интегрирования, значительно превышающей период следования искровых разрядов в цилиндрах двигателя при самой низкой частоте вращения коленчатого вала.

Во время работы двигателя с выхода интегратора (точка *f*) через резистор *R26* на базу транзистора *VT2* логического элемента ИЛИ-НЕ подается практически нулевой уровень сигнала, который не оказывает влияние на состояние транзистора *VT2*. Однако после остановки двигателя через 2—5 с напряжение на выходе интегратора *DA1.1* постепенно повышается до уровня, достаточного для перевода транзистора *VT2* в состояние насыщения. Соответственно, медленно без искрообразования закроется выходной транзистор *VT4* и прервет ток в первичной цепи катушки зажигания.

Для защиты транзистора *VT4* от импульсов перенапряжения, возникающих в первичной обмотке катушки зажигания, в схеме коммутатора предусмотрены стабилитрон *VD5* и делитель напряжения на резисторах *R30* и *R34*. Когда импульс напряжения превышает допустимый уровень, на делителе напряжения *R30*, *R34* формируется напряжение, достаточное для пробоя стабилитрона *VD5*. При этом на время действия импульса перенапряжения транзистор *VT4* открывается, и напряжение на его эмиттер-коллекторном переходе ограничивается.

Стабилизация напряжения коммутатора обеспечивается стабилитроном *VD4* и резистором *R31*. Уровни стабилизированных опорных напряжений на инверсных входах компараторов *DA1.3* и *DA1.4* устанавливаются с помощью стабилитрона *VD3*. От случайной перемены полярности при неправильном включении аккумуляторной батареи в бортовую сеть электрооборудования автомобиля цепь питания ком-

мутатора защищает диод *VD7*, а выходной транзистор *VT4* — диод *VD6*. Конденсаторы *C2*, *C4* и *C9* защищают схемы коммутатора и датчика Холла от импульсов перенапряжения, возникающих в бортовой сети при аномальных режимах эксплуатации автомобильного электрооборудования.

Выходной транзистор *VT4*, стабилитрон *VD4* и диод *VD6* установлены на корпусе коммутатора. Остальные радиокомпоненты размещены на печатной плате.

Коммутатор 36.3734 можно отнести к группе электронных приборов, выполняемых на дискретных полупроводниковых компонентах и корпусных интегральных схемах. Коммутаторы данной группы имеют большие габаритные размеры и массу. Расширение числа функций коммутатора обеспечено за счет большего числа как активных, так и пассивных элементов электронной техники, что приводит к снижению надежности.

Задача повышения надежности электронных изделий решается путем применения новых технологических процессов. В коммутаторе 36.3734 для реализации сложных функций управления применена микросхема *K1401УД1*, в которой большое число электронных компонентов выполнено по полупроводниковой технологии на одном кристалле кремния.

Повышение степени интеграции коммутаторов достигается созданием специализированных микросхем, в которых в рамках единой полупроводниковой технологии объединены такие функциональные компоненты, как усилители, интеграторы, инверторы, компараторы. Специализированная интегральная микросхема выполняется на одном полупроводниковом кристалле и оформляется в виде самостоятельного изделия в пластмассовом или керамическом корпусе, которое решает все основные задачи управления БТСЗ. Однако интегральная микросхема не может полностью заменить электронный коммутатор, так как в рамках единой полупроводниковой технологии пока нет возможности изготавливать функциональные компоненты, отличающиеся по мощности в десятки и сотни раз.

На базе специализированной микросхемы *L497B* с использованием в выходном каскаде транзистора *BU931Z* создан коммутатор 3620.3734 (рис. 6.48).

Микросхема *L497B* содержит те же функциональные блоки, что и микросхема коммутатора 36.3734, и, кроме того, выполняет дополнительные функции. В схему коммутатора включены конденсаторы *C3*, *C4*, *C5* и *C6*, которые являются внешними компонентами функциональных блоков микросхемы, и стабилизированный источник элек-

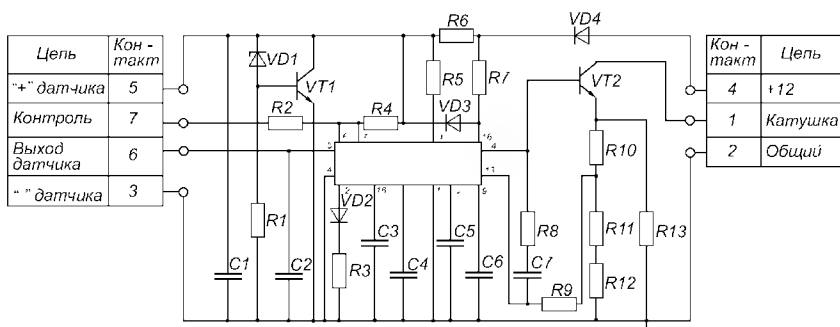


Рис. 6.48. Электрическая схема коммутатора 3620.3734

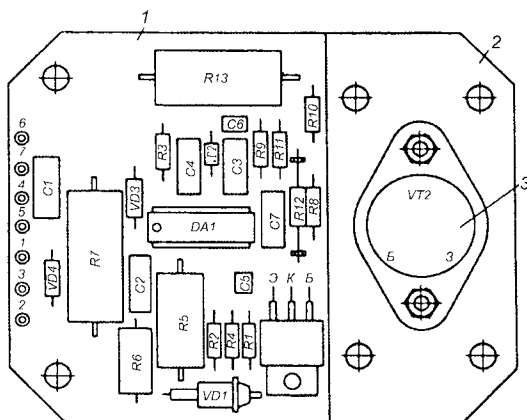


Рис. 6.49. Электронный блок коммутатора 3620.3734 (обозначения элементов соответствуют обозначениям элементов на рис. 6.48)

троснабжения микросхемы и датчика Холла на резисторе R_6 , стабилизаторе $VD1$ и транзисторе $VT1$.

Процесс интеграции распространился также на силовую часть коммутатора: выходной транзистор со схемой его защиты и каскадом предварительного усиления выполнены на одном кристалле кремния.

Электронный блок коммутатора 3620.3734 состоит из двух сборочных элементов (рис. 6.49): печатной платы 1 с навесными электронными компонентами и теплоотвода 2, на котором установлен силовой транзистор 3.

Катушка зажигания 27.3705 по конструкции аналогична катушкам контактных систем зажигания, однако имеет относительно низкое

сопротивление первичной обмотки, что позволяет получать стабильные выходные характеристики при уменьшении напряжения источника электроснабжения до 6 В. Обмотки катушки соединены по автотрансформаторной схеме.

Датчик-распределитель 40.3706 (рис. 6.50) располагается на двигателе горизонтально. Валик датчика-распределителя приводится во вращение от распределительного вала двигателя через муфту 1. Валик

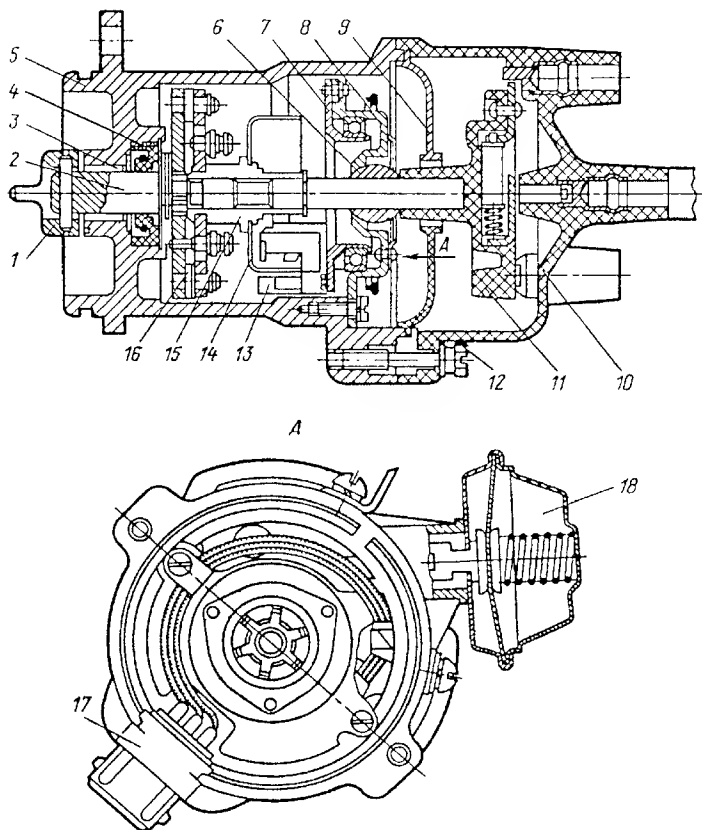


Рис. 6.50. Датчик-распределитель 40.3706:

1 – муфта; 2 – валик; 3 – втулка; 4 – манжета; 5 – корпус; 6 – шаровой вкладыш; 7 – подвижная пластина; 8 – неподвижная пластина; 9 – изоляционная прокладка; 10 – крышка; 11 – ротор; 12 – крепежный винт; 13 – датчик Холла; 14 – экран; 15 – втулка крепления экрана; 16 – центробежный регулятор; 17 – разъем; 18 – вакуумный регулятор

вращается во втулке 3 и в шаровом вкладыше 6. Шаровой вкладыш установлен в неподвижной пластине 8, в которой закреплена наружная обойма подшипника. Вместе с внутренней обоймой подшипника может поворачиваться подвижная пластина 7, связанная с помощью тяги с вакуумным регулятором 18.

Бесконтактный микроэлектронный датчик Холла, состоящий из постоянного магнита, полупроводниковой пластины и интегральной микросхемы, закреплён на подвижной пластине 7. Между полупроводниковой пластиной и магнитом имеется зазор, через который проходят прорезы экрана 14 с прорезями, число которых равно числу цилиндров двигателя.

Когда в зазоре находится прорезь экрана, магнитное поле постоянного магнита воздействует на полупроводниковую пластину, и в ней возникает разность потенциалов, которая преобразуется в микросхеме в сигнал на выходе датчика напряжением менее 0,4 В. При прохождении через зазор стального экрана магнитное поле на полупроводниковую пластину не действует, и на выходе датчика устанавливается напряжение, примерно на 3 В меньшее напряжения электроснабжения.

Напряжение электроснабжения датчика подается от коммутатора через колодку разъема 17. На эту же колодку выводится сигнал с выхода датчика, который затем подается на вход коммутатора.

Стальной экран жестко связан с валиком датчика-распределителя, поэтому при его вращении происходит импульсное воздействие магнитного поля на элемент Холла. Переход от низкого уровня сигнала к высокому и обратно осуществляется в течение 1—5 мкс. В результате с датчика Холла на вход электронного коммутатора поступают импульсы напряжения прямоугольной формы. Отношение периода следования моментов искрообразования к длительности импульса (скважность) равна 3.

6.7. ЦИФРОВЫЕ И МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

6.7.1. Системы зажигания с электронными регуляторами угла опережения зажигания

В аналоговых системах для преобразования информации от датчиков в соответствии с заданным законом управления моментом искрообразования используются типовые функциональные устройства,

широко применяемые в аналоговых вычислительных машинах. Закон регулирования УОЗ определяется свойствами полупроводниковых приборов (диодов, стабилитронов и т.д.). К достоинствам аналоговых систем зажигания с электронным регулированием момента искрообразования относятся простота построения, сравнительно невысокая стоимость и возможность обеспечения зажигания обедненных топливовоздушных смесей за счет более точного регулирования УОЗ. Однако возможности аналоговых систем зажигания по реализации сложных характеристик управления УОЗ ограничены. Они не могут надежно работать в напряженных температурных условиях подкапотного пространства без применения цепей термокомпенсации и, кроме того, требуют подстройки и регулирования в процессе эксплуатации.

Цифровые системы зажигания (ЦЗЗ) позволяют с большей точностью воспроизводить характеристики управления УОЗ любой сложности при высокой температурной устойчивости и надежности. В ЦЗЗ информация от датчиков параметров рабочего процесса двигателя, используемая при выработке сигнала управления УОЗ, преобразуется в серии дискретных электрических импульсов, синхронно связанных с вращательным движением коленчатого вала. Амплитуда импульсов постоянна, а их число пропорционально измеряемому параметру. Начальные числа, характеризующие отдельные параметры рабочего процесса двигателя, с помощью импульсных устройств и логических элементов преобразуются в кодовые комбинации, определяющие закон управления моментом искрообразования.

ЦЗЗ подразделяют на системы с аппаратным принципом регулирования УОЗ без блока памяти и с блоком памяти и на системы с программной обработкой поступающей от датчиков информации на базе микропроцессоров и микроЭВМ.

При аппаратном принципе регулирования для изменения характеристик управления УОЗ двигателей различных модификаций необходимо изменять логические связи между элементами системы зажигания, что создает определенные неудобства при их проектировании и промышленном производстве. "Жесткая" логика алгоритма управления является существенным недостатком системы зажигания с аппаратным принципом электронного регулирования УОЗ.

Системы зажигания с программным управлением позволяют гибко воспроизводить любые заданные и адаптируемые по детонации и другим показателям качества рабочего процесса двигателя характеристики регулирования момента искрообразования. В этих системах программа работы определяется логическими связями между функ-

циональными устройствами, а данные, учитывающие индивидуальные особенности характеристик регулирования, реализуемые системой, хранятся в ее блоке памяти в виде комбинаций кодов чисел. Достоинствами системы с блоком памяти, представляющим собой перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ), являются наличие большого массива информации об оптимальных значениях УОЗ, возможность длительного сохранения информации и при необходимости ее изменения на различных этапах проектирования без значительных переработок схемы, а только путем перепрограммирования ППЗУ. Применение ППЗУ позволяет использовать систему зажигания на различных модификациях двигателей.

6.7.2. Датчики цифровых и микропроцессорных систем зажигания

Датчики положения и перемещения. Для получения цифровой информации о частоте вращения и положении коленчатого вала применяют профилированный зубчатый диск, жестко связанный с коленчатым валом двигателя. Часто для такой цели используется зубчатый венец маховика с дополнительным опорным (установочным) зубом или штифтом из магнитомягкой стали, обеспечивающим формирование датчиком начала отсчета (ДНО) импульса, который соответствует положению поршня первого цилиндра в ВМТ. Импульсы ДНО появляются периодически с частотой, пропорциональной частоте вращения коленчатого вала, и служат для синхронизации функционирования системы управления моментом искрообразования с рабочими процессами в цилиндрах двигателя.

При вращении зубчатого диска (или маховика с зубчатым венцом) с равномерно расположенными по всей окружности зубьями датчик угловых импульсов (ДУИ) вырабатывает серию импульсов, по числу которых после прохождения ВМТ, т.е. после появления сигнала ДНО, определяется угловое положение коленчатого вала. Частота вращения коленчатого вала определяется по числу импульсов, вырабатываемых ДУИ в течение заданного периода времени, или по числу импульсов генератора импульсов постоянной высокой частоты (ГВЧ), подсчитываемых за временной интервал между двумя следующими друг за другом импульсами ДУИ.

Наибольшее распространение в цифровых и микропроцессорных системах зажигания получили индуктивные ДНО и ДУИ. Индукционная катушка 4 (рис. 6.51) датчика находится около постоянного магни-

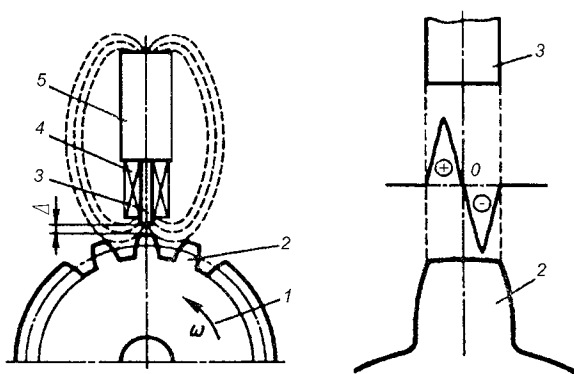


Рис. 6.51. Схема работы индуктивного датчика:

1 — зубчатый диск; 2 — зуб; 3 — магнитопровод; 4 — индукционная катушка; 5 — постоянный магнит; Δ — зазор между зубом и магнитопроводом датчика; ω — угловая скорость вращения коленчатого вала

та 5, один полюс которого обращен в сторону вращающегося зубчатого диска или зубчатого венца маховика. Между цилиндрической поверхностью зуба 2 и магнитопроводом 3 датчика предусмотрен небольшой зазор Δ . При прохождении зуба 2 вблизи плоского торца магнитопровода из магнитомягкого материала величина воздушного зазора Δ между ними изменяется, что приводит к изменению магнитного потока в магнитопроводе и появлению электрического импульса в расположенной на нем индукционной катушке. Импульс имеет вид двухполярных пикообразных полувольт, расположенных симметрично относительно оси магнитопровода датчика. Нулевая точка импульса соответствует центру каждого зуба. Индуктивные датчики просты по конструкции, не требуют внешнего источника электроснабжения, надежны в эксплуатации и работоспособны при температурах от -50 до 120 °С.

Датчики давления. Информация о нагрузке двигателя поступает от датчика абсолютного давления или вакуума во впускном трубопроводе, аналоговый сигнал которого преобразуется в цифровой код в аналого-цифровом преобразователе (АЦП).

В пневмоэлектрических датчиках потенциометрического типа изменение давления преобразуется в изменение напряжения или силы тока за счет перемещения движка потенциометра с помощью мембранного или сильфонного чувствительного элемента.

Наиболее надежны индуктивные датчики, в которых в результате перемещения стального магнитопровода чувствительный элемент

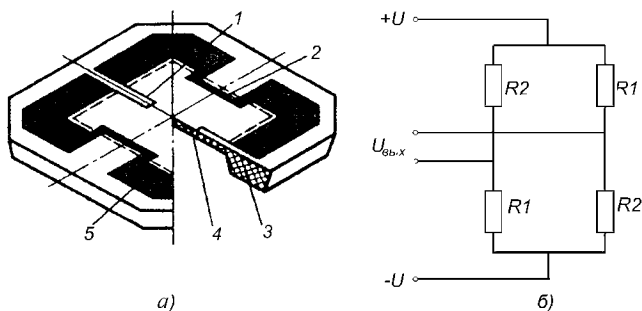


Рис. 6.52. Чувствительный элемент интегрального датчика давления и схема включения его тензорезисторов:

1 – радиальный тензорезистор *R1*; *2* – тангенциальный тензорезистор *R2*; *3* – мембрана; *4* – кремниевая подложка; *5* – контактные площадки

(мембрана, сильфон) в индукционной катушке индуцирует ЭДС. На выходе разбалансированного моста появляется электрический сигнал, поступающий после усиления в блок управления системы зажигания.

Более совершенные и менее дорогостоящие интегральные полупроводниковые датчики давления выполняют функцию преобразования неэлектрической величины в электрический сигнал и осуществляют его дальнейшую обработку. В корпусе датчика размещена кремниевая пластина, содержащая сам датчик и схему обработки его сигнала. На мембране *3* чувствительного элемента (рис. 6.52, *а*) датчика размещены пленочные тензорезисторы *R1* и *R2*, обладающие *p*-проводимостью и ориентированные во взаимно перпендикулярных направлениях. Тензорезисторы включены в мостовую измерительную схему (рис. 6.52, *б*). При прогибе мембраны сопротивление тензорезистора *R1* возрастает, а тензорезистора *R2* уменьшается, что приводит к разбалансированию моста и появлению электрического сигнала. Измерительный мост соединен со схемой обработки сигнала.

Датчики температуры. Сигналы от датчика температуры охлаждающей жидкости (или головки блока цилиндров двигателей воздушного охлаждения) в цифровых и микропроцессорных системах зажигания используются в качестве корректирующей информации. Чувствительными элементами в датчиках температуры могут быть терморезисторы (термисторы или позисторы) и термометры сопротивления, размещаемые в металлическом корпусе. Полупроводниковые терморезисторы обладают высокой чувствительностью, однако имеют нестабильные и нелинейные характеристики и подвержены старению.

Более высокой стабильностью физических свойств обладают такие металлы, как платина, никель, медь. Перспективными являются датчики температуры на основе металлополимерных чувствительных элементов, интегральные датчики температуры, в которых термочувствительный элемент и формирователь сигнала выполнены на одном кристалле.

Датчики детонации. Возникновение детонации в двигателе можно определить по многим признакам:

- по вибрации блока цилиндров или головки блока;
- по характеру изменения давления в цилиндре;
- по температуре стенок гильзы цилиндра;
- по изменению ионизационных токов на электродах свечи зажигания и т.д.

Существует множество типов датчиков детонации, отличающихся по конструкции и принципу действия. От типа датчика зависит место его расположения на двигателе.

Наибольшее распространение получили пьезокварцевые вибродатчики на основе пьезоэлектрических преобразователей: они просты по конструкции, надежны в работе, имеют малые габаритные размеры. Принцип работы вибродатчика заключается в преобразовании вибрации какой-либо поверхности двигателя (например, стенки блока цилиндров) в электрический сигнал. Выходной сигнал датчика требует специальной обработки для точной регистрации момента возникновения детонации.

Как правило, резонансная характеристика вибродатчика настраивается на конкретный тип двигателя, чем обеспечивается максимальное напряжение выходного сигнала как раз на частотах колебаний детали, на которой устанавливается датчик, при детонационном сгорании топливовоздушной смеси. Таким образом, существенно снижается влияние шума, создаваемого двигателем, на выходной сигнал датчика, в результате обеспечивается точность распознавания начала детонации ЭБУ.

Датчик детонации необходимо устанавливать в таком месте, в котором создается надежная регистрация начала детонации во всех цилиндрах ДВС. На двигателях с большим числом цилиндров могут быть установлены два датчика детонации, работа которых должна быть синхронизирована с вращением распределительного вала.

Преобразователь вибродатчика (рис. 6.53, а) состоит из двух параллельно включенных кварцевых пьезоэлементов 2. Инерционная масса 3 выполнена из сплава высокой плотности, что позволило уменьшить габаритные размеры датчика. При возникновении вибрации, вызванной детонацией, инерционная масса воздействует на пье-

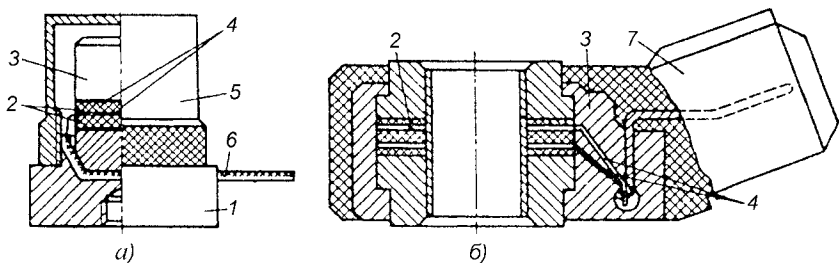


Рис. 6.53. Пьезоэлектрические вибродатчики:

1 — основание; 2 — пьезоэлементы; 3 — инерционная масса; 4 — латунная фольга; 5 — крышка; 6 — кабель; 7 — электрический разъем

зоэлементы, в результате чего на их обкладках благодаря пьезоэффекту появляется переменное напряжение. С пьезоэлементов 2 сигнал снимается с помощью вывода из латунной фольги 4, соединенного с кабелем 6. Все элементы датчика закреплены на основании 1 из титанового сплава. Со стороны нижнего торца в основании предусмотрено резьбовое отверстие под шпильку крепления датчика на объекте измерения. Резьбовая крышка 5 также закреплена на основании.

Датчик легко установить на двигателе, он вырабатывает четкий сигнал о возникновении детонации с незначительным влиянием звуковых колебаний от шума двигателя, однако чувствителен к детонации только в близко расположенных к нему цилиндрах.

Вибродатчик фирмы "Бош" (рис. 6.53, б) размещается на блоке цилиндров. Колебания блока цилиндров двигателя при детонации через инерционную массу передаются к кольцевому пьезокерамическому элементу, в котором индуцируется переменное напряжение, передаваемое по экранированному кабелю в ЭБУ.

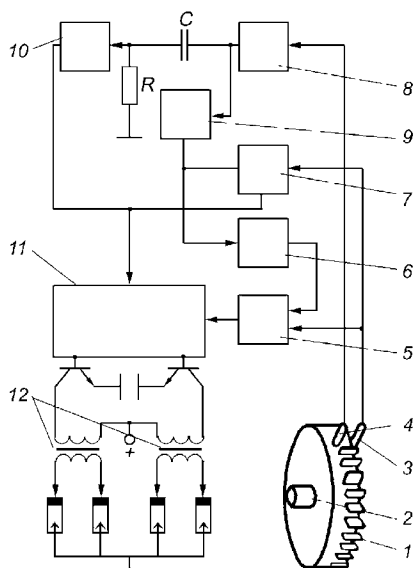
6.7.3. ЦСЗ с жесткой логикой и без элементов памяти

Для вырабатывания импульсов начала каждого цикла формирования сигнала управления УОЗ, определения частоты вращения и положения коленчатого вала предназначены ДНО 4 (рис. 6.54) и ДУИ 3. Электронная часть системы содержит основной и дополнительный счетчики 11 и 7, схему совпадения 5, три инвертора 6, 9, 10 и устройство 8 задания временного интервала.

Устройство 8, выполненное на моностабильном мультивибраторе, в момент срабатывания ДНО формирует сигнал разрешения основного

Рис. 6.54. ЦСЗ с "жесткой" логикой:

1 — зубчатый диск венца маховика; 2 — коленчатый вал двигателя; 3 — ДУИ; 4 — ДНО; 5 — схема совпадения; 6, 9, 10 — инверторы; 7 — дополнительный счетчик; 8 — устройство задания временного интервала; 11 — основной счетчик; 12 — обмотки



счета установленной длительности, который через инверторы 6 и 9 подается на один из входов схемы 5 совпадения. Одновременно с помощью дифференцирующей RC -цепи вырабатывается сигнал перевода счетчиков 7 и 11 в нулевое состояние. Оба счетчика начинают подсчет числа импульсов, поступающих от ДУИ. В основном счетчике 11 ведется счет только в течение периода действия сигнала разрешения от устройства 8, а в дополнительном счетчике — до момента его переполнения независимо от сигнала разрешения. В момент переполнения счетчик 7 выдает дополнительный сигнал на схему совпадения 5, разрешающий счетчику 11 досчет импульсов с ДУИ. Когда в основном счетчике накапливается заданное число импульсов (в момент переполнения), на его выходе формируется сигнал управления моментом зажигания.

Углы поворота коленчатого вала, соответствующие периодам накопления основного и дополнительного счетчиков заданным числом импульсов от ДУИ, определяются только выбранными емкостями указанных счетчиков и от скоростного режима работы двигателя не зависят. Однако с изменением скоростного режима изменяются угол поворота коленчатого вала и число прошедших в основной счетчик 11 импульсов от ДУИ за время действия сигнала разрешения основного счета. Соответственно изменяются требуемое число импульсов для заполнения счетчика 11 после появления сигнала разрешения досчета от счетчика 7 и пропорциональ-

ный этому числу импульсов угол поворота коленчатого вала. С увеличением частоты вращения коленчатого вала уменьшается интервал угла, в котором происходит досчет импульсов от ДУИ главным счетчиком *11*, и, как следствие, уменьшается интервал угла поворота, в котором формируется сигнал управления моментом зажигания. Поэтому зажигание топливовоздушной смеси в соответствующем цилиндре двигателя произойдет с большим опережением по углу поворота коленчатого вала. Емкость счетчиков *7* и *11* и длительность сигнала разрешения основного счета счетчиком *11* выбирают из условия получения заданной закономерности изменения УОЗ с изменением скоростного режима работы двигателя.

Благодаря использованию цифровых устройств обработки информации от датчиков, характеристики системы практически не подвержены временным и температурным изменениям. Точность воспроизводства требуемых характеристик определяется лишь числом зубьев диска или венца маховика. Поскольку зубчатый диск и маховик жестко связаны с коленчатым валом, исключены погрешности, характерные для привода датчиков-распределителей БТСЗ. Недостатком системы является необходимость изменения логических связей и номиналов цифровых и логических элементов при возможной корректировке характеристик системы. Применением двухвыводных катушек зажигания в системе обеспечивается статическое распределение вторичного напряжения по свечам зажигания.

6.7.4. ЦСЗ с элементами памяти

В ЦСЗ (рис. 6.55) формирование характеристик управления УОЗ осуществляется путем считывания серий электрических импульсов от датчиков параметров рабочего процесса двигателя и дальнейшим преобразованием числа импульсов в сериях в кодовые комбинации, соответствующие требуемому закону управления моментом искрообразования.

При вращения коленчатого вала *5* с закрепленным на нем профилированным зубчатым диском *6* вырабатываемый датчиком *1* сигнал подается на вход узла обнуления программного устройства *10* и после обработки в нем поступает на вход установки нуля счетчика *11* начального числа. Одновременно на счетный вход счетчика *11* с ДУИ *2* поступают угловые импульсы, которые записываются в нем после окончания обнуления. Число импульсов, находящихся в счетчике *11* в любой момент времени, пропорционально частоте вращения коленчатого вала.

С одного из выходов программного устройства *10*, в котором заложен алгоритм работы системы, в определенный момент времени на

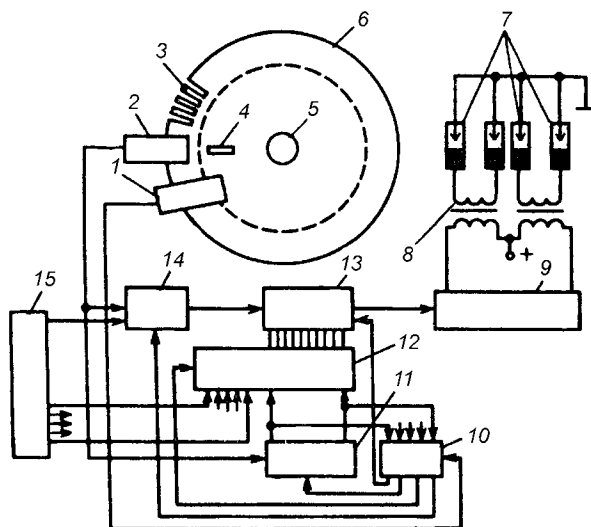


Рис. 6.55. Схема ЦСЗ с элементами памяти:

1 – ДНО; 2 – ДУИ; 3 – зуб профилированного диска; 4 – дополнительный опорный зуб; 5 – коленчатый вал; 6 – профилированный зубчатый диск; 7 – свечи зажигания; 8 – двухвыводные кагушки зажигания; 9 – коммутатор; 10 – программное устройство; 11 – счетчик импульсов начального числа; 12 – матрица; 13 – счетчик импульсов основного числа; 14 – блок управления досчетом; 15 – датчики дополнительной информации

вход разрешения выборки матрицы 12 поступает импульс. Матрица анализирует подведенную к ее входам информацию о счетном состоянии счетчика 11 импульсов начального числа, о параметрах рабочего процесса и тепловом состоянии двигателя от датчиков 15 и преобразует информацию в кодовую комбинацию, которую затем записывает в счетчик 13 импульсов основного числа.

В соответствии с алгоритмом работы в установленный момент времени программное устройство 10 подает на вход блока 14 управления досчетом импульс, разрешающий поступление дополнительной информации с датчиков 15 в счетчик 13 через блок 14 управления досчетом. Сигналы, последовательно поступающие с датчиков 15, изменяют состояние счетчика 13, корректируя информацию, записанную в счетчик с матрицы 12. После счетчик 13 основного числа производит досчет импульсов от ДУИ, поступающих на его счетный вход через блок 14 управления досчетом, в результате к записанной в счетчике числовой информации добавляется число импульсов, равное разности

между основным числом и кодовой комбинацией. Когда значение числа, получаемое при досчете, становится равным основному числу, на выходе счетчика 13 основного числа появляется импульс управления коммутатором 9. Реализуемый системой УОЗ оптимизируется по заданному и запрограммированному в матрице критерию (минимальные расход топлива, токсичность, максимальная мощность). Система позволяет формировать сложные характеристики управления УОЗ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, теплового состояния двигателя, положения дроссельной заслонки и ряда других параметров.

Устройство управления моментом искрообразования (рис. 6.56) содержит элементы памяти — кодирующие матрицы 3 и 6, представляющие собой программируемые постоянные запоминающие устройства ППЗУ1 и ППЗУ2. В рассматриваемой ЦСЗ указанные устройства

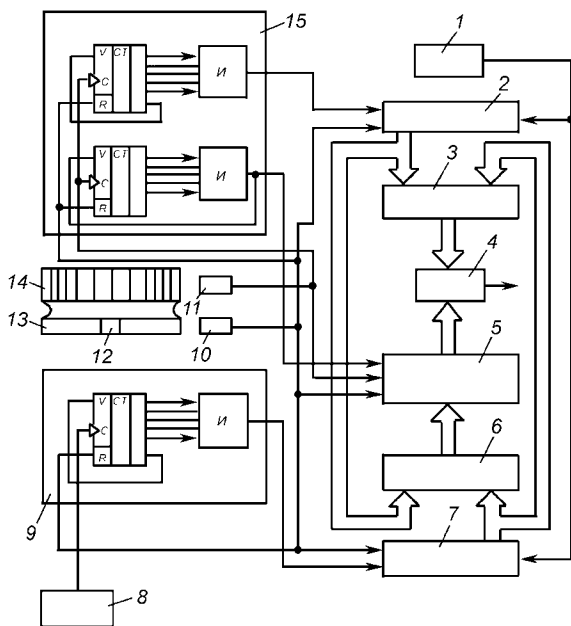


Рис. 6.56. Схема устройства управления моментом искрообразования:

1 — ГВЧ; 2 — счетчик импульсов ГВЧ; 3, 6 — первая (ППЗУ1) и вторая (ППЗУ2) кодирующие матрицы; 4 — блок сравнения; 5 — счетчик ДУИ; 7 — счетчик импульсов коррекции; 8 — датчики дополнительной информации; 9 — блок выделения переменного временного интервала коррекции; 10 — ДНО; 11 — ДУИ; 12 — дополнительный зуб профилированного зубчатого диска; 13 — зубчатый диск; 14 — зубья на цилиндрической поверхности зубчатого диска; 15 — блок выделения временных интервалов

предназначены для хранения информации о значениях оптимального УОЗ для различных сочетаний скоростного и нагрузочного режимов двигателя. По способу ввода информации они относятся к классу запоминающих устройств, программируемых потребителем ПЗУ.

В состав устройства входят также ГВЧ, ДНО, ДУИ и полупроводниковый датчик δ дополнительной информации во впускном трубопроводе, выполненный совместно с АЦП и расположенный в корпусе блока управления.

Информация от ДНО, ДУИ и датчика вакуума представляется в виде дискретных электрических сигналов постоянной амплитуды, частота следования которых пропорциональна измеряемому параметру. ГВЧ I вырабатывает импульсы постоянной высокой частоты.

Временные диаграммы работы рассматриваемого устройства при формировании импульсов управления моментом искрообразования приведены на рис. 6.57.

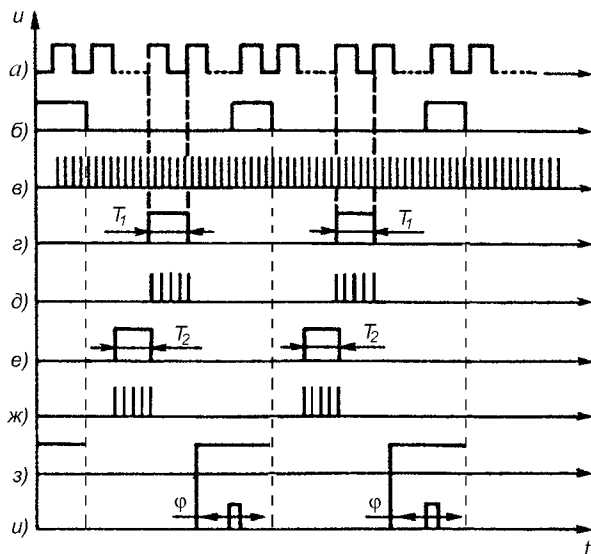


Рис. 6.57. Временные диаграммы работы устройства управления моментом искрообразования:

а — импульсы ДУИ; *б* — импульсы ДНО; *в* — импульсы ГВЧ; *г* — импульсы переменного временного интервала T_1 ; *д* — пакет импульсов ГВЧ за временной интервал T_1 ; *е* — переменный временной интервал T_2 ; *ж* — пакет импульсов коррекции; *з* — сигналы, разрешающие подсчет импульсов ДУИ счетчиком 5; *и* — импульсы управления моментом искрообразования

При вращении зубчатого диска 13 (см. рис. 6.56) ДУИ 11 формирует угловые импульсы, а ДНО 10 — импульсы угловой опорной точки. Частоты следования импульсов ДУИ и ДНО пропорциональны частоте вращения коленчатого вала.

Задний фронт (срез) импульсов ДНО переводит в исходное состояние счетчик 2 импульсов ГВЧ, счетчик 5 импульсов ДУИ и блок 15 выделения временного интервала T_1 между двумя импульсами ДУИ и интервала досчета, блок 9 выделения переменного временного интервала коррекции и счетчик 7 импульсов коррекции. Блок 15 выделения временных интервалов построен на базе двух счетчиков и двух логических элементов И. Блок 9 выделения интервала коррекции выполнен по аналогии с устройством выделения интервала досчета блока 15.

Блок 15 отслеживает прохождение импульсов ДУИ и формирует временной интервал T_1 , в течение которого разрешен счет импульсов ГВЧ счетчиком 2, а также сигнал, разрешающий досчет импульсов ДУИ счетчиком 5. Счетчик 5 включается перед зоной действия искры, начиная с максимального УОЗ.

Число импульсов постоянной высокой частоты, вырабатываемых ГВЧ 1 и набранных счетчиком 2, характеризует скоростной режим работы двигателя. Код этого числа поступает на часть адресных входов кодирующей матрицы 3, а часть кода — на адресные входы кодирующей матрицы 6. Использование двух кодирующих матриц 3 и 6 позволяет реализовать характеристики управления УОЗ любой сложности с учетом выбора желаемых комбинаций рабочих зон по скоростному и нагрузочному режимам работы двигателя и необходимости их корректирования.

Сигнал с датчика 8, характеризующий нагрузочный режим двигателя, поступает на вход блока 9, который вырабатывает переменный временной интервал T_2 . В интервале времени T_2 разрешен подсчет счетчиком 7 импульсов коррекции, вырабатываемых ГВЧ 1.

Код числа импульсов коррекции с выхода счетчика 7 поступает на адресные входы кодирующей матрицы 6, а часть его, характеризующая выбранные зоны по нагрузочному режиму работы двигателя, поступает на входы кодирующей матрицы 3. Матрица 3 преобразует адресный код на ее входах в кодовую комбинацию, соответствующую оптимальному УОЗ, зависящему от частоты вращения коленчатого вала с учетом выбранных зон нагрузочного режима. Матрица 6 преобразует адресный код на ее входах в кодовую комбинацию, соответствующую углу коррекции в зависимости от нагрузочного режима с учетом выбранных зон по частоте вращения коленчатого вала.

Кодовая комбинация на выходе матрицы 3 и код числа накопленных в счетчике 5 импульсов от ДУИ поступают в блок 4 сравнения, выполненный на микросхеме 564ИП2. При сравнении кодов на выходе блока 4 формируется импульс управления искрообразованием, положение которого по углу φ поворота коленчатого вала относительно ВМТ соответствует оптимальному УОЗ. Импульсы управления моментом искрообразования вырабатываются на том же обороте профилированного зубчатого диска, на котором набирается исходная информация с датчиков. Циклы набора информации о скоростном и нагрузочном режимах работы двигателя и формирование сигнала управления УОЗ повторяются после очередного импульса от ДНО.

При подаче на вход матрицы 6 дополнительного сигнала от датчика температуры в виде кода чисел на выходе матрицы будет иметь место двоичный код оптимального УОЗ для данного скоростного режима работы двигателя с учетом нагрузки и теплового состояния двигателя. Обычно такой код определяет два состояния двигателя — до и после прогрева.

6.7.5. Системы зажигания с корректировкой УОЗ по детонации

Защита двигателя от детонации. Детонация в двигателях возникает при использовании бензина с низким октановым числом и слишком раннем зажигании. Обычно детонация возможна при интенсивном разгоне автомобиля или когда двигатель работает с малой частотой вращения коленчатого вала при полностью открытой дроссельной заслонке карбюратора. Возможность появления детонации зависит от качества бензина, каких-либо специфических регулировок двигателя, индивидуальной манеры вождения автомобиля и т.д.

Для повышения топливной экономичности увеличивают степень сжатия в цилиндрах двигателя. Однако более высокие степени сжатия увеличивают склонность двигателя к детонации. При высоких степенях сжатия детонация часто возникает в пределах установленного диапазона УОЗ, соответствующего максимальной мощности и минимальному удельному расходу топлива.

При работе двигателя с интенсивной детонацией ухудшаются его мощностные и экономические показатели. Сильная детонация приводит к перегреву двигателя, повреждению камеры сгорания, прокладки между блоком цилиндров и головкой блока, повышенному изнашиванию верхней части цилиндра и поршневых колец.

Работа двигателя вблизи границы зоны детонации обеспечивает наибольший КПД, поэтому целесообразно использовать устройства,

позволяющие двигателю работать вблизи зоны детонации, но ограничивающие время его работы с детонацией или полностью ее исключают. В соответствии с современными требованиями экологии желательно обеспечить работу двигателя без детонации при обязательном условии соблюдения норм по токсичности отработавших газов.

Обычно детонация прекращается при установке более позднего УОЗ, поэтому процесс детонационного сгорания топлива можно приостановить, корректируя УОЗ в сторону запаздывания. Для осуществления такой коррекции необходимо получить достоверный сигнал о начале детонации. Для обеспечения работы двигателя в режиме, близком к границе зоны детонации, в цифровых и микропроцессорных системах зажигания применяют датчики детонации, размещаемые в определенных местах блока цилиндров или головки блока. Датчик детонации воспринимает возникающие при детонационном сгорании топлива высокочастотные колебания блока цилиндров или головки блока и преобразует их в электрические сигналы, поступающие в электронный блок управления (ЭБУ).

Измерение детонации должно быть синхронизировано с вращением коленчатого вала двигателя. Для повышения достоверности информации о начале детонации сигнал от датчика детонации следует обрабатывать в интервале угла поворота коленчатого вала, при котором возможность возникновения детонации обоснована. Как правило, такой интервал находится в пределах $50\text{--}60^\circ$ поворота коленчатого вала на такте расширения (рабочий ход) после ВМТ.

При поступлении от датчика информации о возникновении детонации ЭБУ выдает импульс на уменьшение УОЗ до значения, при котором детонация прекращается. Затем по алгоритму, заложенному в программное обеспечение ЭБУ, УОЗ приближается к оптимальному. Момент зажигания смещается в сторону запаздывания в течение определенного числа тактов. Возврат к исходной характеристике опережения зажигания осуществляется в течение заданного промежутка времени или за определенное число оборотов коленчатого вала. Импульс на осуществление коррекции УОЗ ЭБУ вырабатывает в том случае, если амплитуда сигнала датчика детонации превышает заданный уровень. Поэтому поступающая от датчика детонации информация обычно сравнивается с сигналами, получаемыми от датчика при бездетонационном сгорании топлива, или с сигналами, вырабатываемыми генератором 5 эталонного уровня (рис. 6.58). Управление УОЗ производится с учетом склонности двигателя к детонации и октанового числа бензина.

ЭБУ может обеспечивать смещение УОЗ для каждого цилиндра двигателя индивидуально (рис. 6.59). Остальные цилиндры могут рабо-

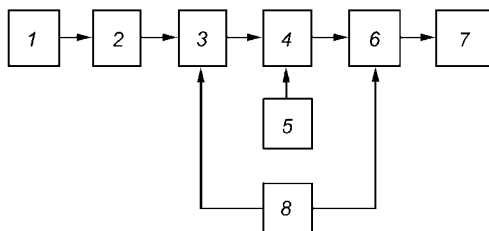


Рис. 6.58. Схема устройства для регулирования УОЗ по сигналу датчика детонации: 1 – датчик детонации; 2 – фильтр; 3 – формирователь интервала измерения детонации; 4 – блок выделения информации; 5 – генератор эталонного уровня; 6 – блок задержки и медленного восстановления момента зажигания; 7 – выходной блок; 8 – датчик углового положения коленчатого вала

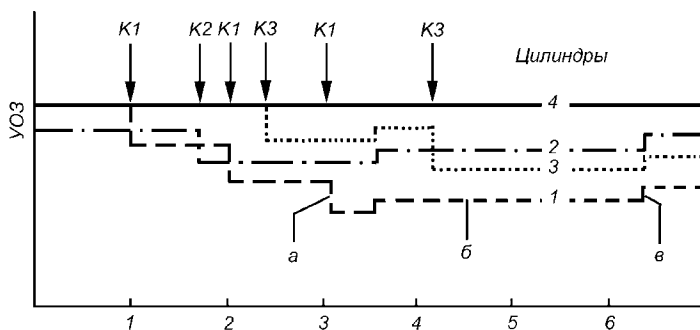


Рис. 6.59. Временная диаграмма регулирования УОЗ при наличии детонации: *a* – уменьшение УОЗ; *б* – неизменный УОЗ; *в* – увеличение УОЗ; 1–4 – номера цилиндров; *K1*, *K2*, *K3* – сигналы о наличии детонации соответственно в первом, втором и третьем цилиндрах четырехцилиндрового двигателя (в четвертом цилиндре детонация отсутствует)

тать с оптимальным УОЗ. При поступлении от датчика сигнала о возникновении детонации в одном из цилиндров ЭБУ уже к следующему такту сжатия в этом же цилиндре уменьшает УОЗ. Если сгорание топливовоздушной смеси вновь происходит с детонацией, ЭБУ уменьшает УОЗ еще на один шаг по углу поворота коленчатого вала и так далее до тех пор, пока не будет зафиксировано прекращение детонации. При отсутствии детонации в течение нескольких десятков последовательных рабочих ходов в цилиндре начинается постепенный возврат УОЗ к первоначальному значению со значительно меньшим шагом.

Во время работы двигателя создаваемый им шум содержит звуковые частоты, совпадающие с частотами колебаний, характерными для

протекания процессов детонации. Поэтому для обеспечения достоверности информации от датчика в системе защиты двигателя от детонации рекомендуется устанавливать фильтр 2 (см. рис. 6.58) с полосой пропускания 6–9 кГц. Часть спектра, образованная собственным шумом двигателя, расширяется с увеличением частоты вращения коленчатого вала, что должно учитываться при разработке устройства для регулирования УОЗ по степени детонации.

На некоторых моделях автомобилей SAAB, оснащенных системой зажигания с накоплением энергии в электрическом поле конденсатора, в системе защиты двигателя от детонации датчик детонации отсутствует. Его функцию выполняют обычные свечи зажигания, центральные электроды которых находятся под постоянным ионизирующим напряжением (80 В) относительно бокового электрода, соединенного с массой автомобиля. Под действием напряжения продукты сгорания топливовоздушной смеси способны проводить электрический ток, что позволяет распознавать детонационные волны по характеристике протекающего через свечу тока. Алгоритм управления моментом зажигания при наличии детонации не отличается от рассмотренного выше.

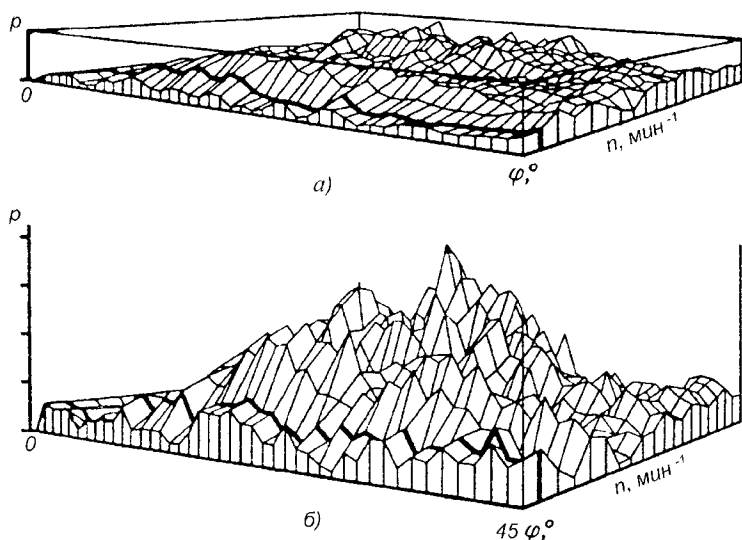


Рис. 6.60. Результаты работы программно-адаптивной системы управления УОЗ по критерию детонации:

а — система включена; *б* — система выключена; p — амплитуда ударных волн в камере сгорания; φ — угол поворота коленчатого вала

Более совершенны программно-адаптивные системы управления по критерию детонации, в которых информация от датчика детонации о возникновении детонации в двигателе используется для корректирования заложенных в ЭБУ программ управления дозированием топлива и УОЗ. Результаты работы программно-адаптивной системы управления УОЗ по критерию детонации показаны на рис. 6.60.

Применение систем защиты от детонации позволяет несколько увеличить степень сжатия двигателя и тем самым обеспечить более высокие его мощностные и экономические показатели. Существенно снижается вероятность повреждения деталей и узлов двигателя при использовании низкооктанового топлива. С помощью таких систем решается проблема возможных изменений фактического октанового числа бензина в эксплуатационных условиях, технического и теплового состояния двигателя, условий окружающей среды и т.д.

В случае каких-либо нарушений в работе системы защиты двигателя от детонации ЭБУ должен автоматически устанавливать более поздний момент зажигания, при котором гарантировано отсутствие детонации. При этом мощностные и экономические характеристики двигателя ухудшаются, но значительно снижается риск выхода двигателя из строя.

Устройство для регулирования УОЗ в зависимости от степени детонации. В устройство для регулирования УОЗ входят следующие приборы (рис. 6.61):

датчик детонации *DD*;

усилитель *У*, усиливающий сигнал датчика детонации;

аналого-цифровой преобразователь *АЦП*, на выходе которого формируется двойное число, однозначно соответствующее усиленному аналоговому сигналу датчика детонации;

универсальный двойной счетчик *СЧ1*, в котором записывается двойное число с выхода *АЦП*;

компаратор *КП1*, обеспечивающий запись двойного числа с выхода *АЦП* в счетчик *СЧ1* при условии, что число на выходе *АЦП* больше числа в самом счетчике *СЧ1*;

суммирующий двоичный счетчик *СЧ2*, осуществляющий счет импульсов генератора импульсов *ГИ*;

компаратор *КП2*, сравнивающий числа в счетчиках *СЧ1* и *СЧ2* и переключающий *RS*-триггер *ТТ1* в нулевое состояние;

RS-триггер *ТТ2*, изменяющий направления счета счетчика *СЧ1*;

логические элементы *ЛЭ1–ЛЭ10*, осуществляющие инверсию (*ЛЭ1*, *ЛЭ7*), сложение (*ЛЭ4*, *ЛЭ5*, *ЛЭ6*, *ЛЭ10*) и умножение (*ЛЭ2*, *ЛЭ3*, *ЛЭ9*, *ЛЭ10*) логических сигналов;

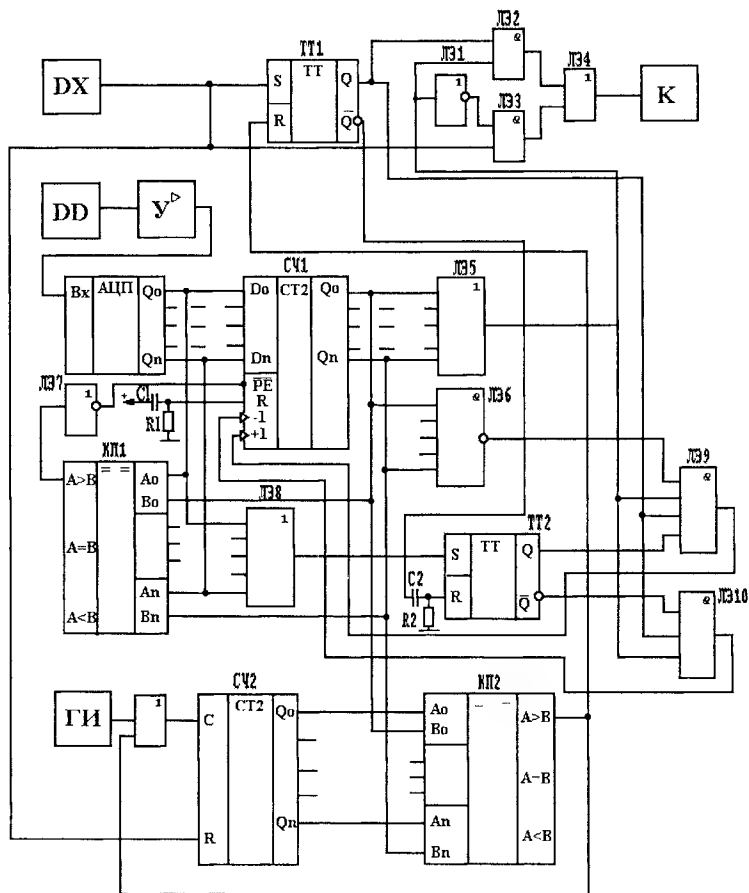


Рис. 6.61. Схема устройства для регулирования УОЗ в зависимости от степени детонации

датчик Холла DX , формирующий сигнал управления моментом искрообразования для коммутатора K .

Датчик Холла DX и коммутатор K являются штатными элементами системы зажигания двигателя.

При отсутствии детонации (1-й режим работы устройства) сигнал на выходе датчика детонации DD отсутствует, на всех выходах Q_0-Q_n АЦП нули. Счетчик $СЧ1$ при включении питания с помощью цепочки $R1-C1$ обнуляется, поэтому на входах логического элемента $ЛЭ5$ и на его выходе образуется напряжение низкого уровня, которое прекращает прохож-

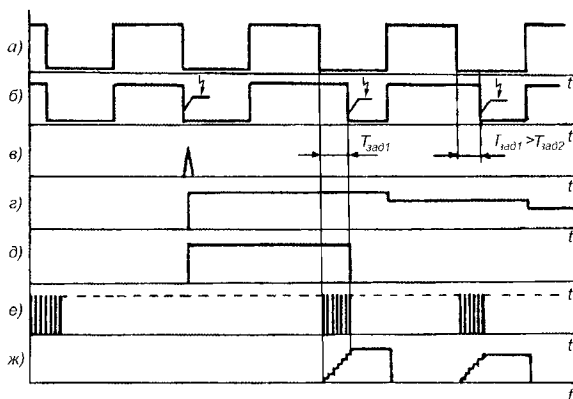


Рис. 6.62. Временные диаграммы работы устройства для регулирования УОЗ во 2-м режиме:

а — сигнал от датчика Холла; *б* — сигнал на выходе триггера *ТТ1* (на входе коммутатора *К*); *в* — сигнал от датчика детонации *DD*; *г* — число в счетчике *СЧ1*; *д* — сигнал на выходе *Q* триггера *ТТ2*; *е* — импульсы генератора импульсов *ГИ*; *ж* — число в счетчике *СЧ1*

дение сигнала с выхода *Q* триггера *ТТ1* через логический элемент *ЛЭ2* к коммутатору *К*. Инвертор *ЛЭ1* преобразует низкий уровень сигнала на выходе элемента *ЛЭ5* в высокий, разрешая тем самым прохождение сигнала от *ДХ* через логические элементы *ЛЭ3* и *ЛЭ4* к коммутатору *К*.

Следовательно, при отсутствии детонации сигнал от *ДХ* к коммутатору *К* проходит без изменения характеристик регулирования УОЗ (рис. 6.62, *а*, *б*).

При наличии детонации (2-й режим) на выходе усилителя *У* появляется усиленный аналоговый сигнал датчика детонации *DD*, который в *АЦП* преобразуется в цифровой код и по условию, что число *А* на выходе *АЦП* больше числа *В* на выходе счетчика *СЧ1*, записывается через входы *D₀–D_n* в счетчик *СЧ1*. Компаратор *КП1* формирует на выходе "*А > В*" сигнал на запись числа с выхода *АЦП* в счетчик *СЧ1*. Затем этот сигнал через инвертор *ЛЭ7* подается на вход разрешения записи *РЕ* счетчика *СЧ1* (рис. 6.62, *в*, *г*). При появлении на выходе счетчика *СЧ1* (см. рис. 6.61) какого-либо числа на выходе логического элемента *ЛЭ5* устанавливается высокий уровень напряжения, которое подается на инвертор *ЛЭ1*. Низкий уровень сигнала на выходе инвертора *ЛЭ1* запрещает прохождение сигнала от датчика Холла *ДХ* через логический элемент *ЛЭ3* к коммутатору *К*. Одновременно высокий уровень сигнала на выходе логического элемента *ЛЭ5* через логические элементы *ЛЭ2* и *ЛЭ4* подключают коммутатор *К* к выходу *Q* триггера *ТТ1*.

При высоком уровне сигнала от датчика Холла DX на входе S триггера $TT1$ последний переключается в состояние логической единицы. В этом случае передний фронт импульса на выходе Q триггера $TT1$ и на входе коммутатора K совпадает с передним фронтом управляющего сигнала датчика Холла DX (рис. 6.62, a , $б$). Высокий уровень сигнала от датчика Холла DX подается на вход R счетчика $СЧ2$ (см. рис. 6.61), обнуляет его и запрещает счет импульсов генератора $ГИ$ по входу C .

При низком уровне сигнала от датчика Холла DX на входе Q триггера $TT1$ сохраняется высокий уровень напряжения, а на выходе $\bar{Q}$ — низкий. Одновременно низкий уровень сигнала на входе R счетчика $СЧ2$ разрешает счет импульсов генератора $ГИ$ по входу C (рис. 6.62, e и $ж$). Когда число импульсов $ГИ$, подсчитанных счетчиком $СЧ2$, превысит число, записанное в счетчике $СЧ1$, компаратор $КП2$ с выхода " $A > B$ " подает сигнал высокого уровня на вход элемента $ЛЭ10$, прекращая подачу импульсов $ГИ$ на вход C счетчика $СЧ2$ (рис. 6.62, $ж$). Сигнал высокого уровня с выхода " $A > B$ " компаратора $КП2$, подаваемый на вход R триггера $TT1$, переключает его по выходу Q с высокого уровня на низкий (рис. 6.62, $б$), обеспечивая подачу управляющего сигнала искрообразования на коммутатор K через логические элементы $ЛЭ2$ и $ЛЭ4$. При высоком уровне напряжения на выходе $\bar{Q}$ триггера $TT1$, триггер $TT2$ переходит в нулевое состояние. На его выходе $\bar{Q}$ также появляется высокий уровень напряжения (рис. 6.62, $д$).

Следовательно, момент искрообразования будет задержан на время

$$t_{\text{зд}} = Nt_{\text{гн}},$$

где N — числовой код усиленного усилителем $У$ сигнала датчика детонации DD , полученный с помощью $АЦП$; $t_{\text{гн}}$ — период импульсов генератора $ГИ$.

Если при наличии числа в счетчике $СЧ1$ (рис. 6.62, $з$) с уменьшением УОЗ детонация прекращается, то обеспечивается постепенное уменьшение числа в счетчике $СЧ1$ и возвращение к исходным значениям УОЗ с каждым рабочим циклом. При отсутствии детонации на выходах $АЦП$ и на выходе логического элемента $ЛЭ8$ (см. рис. 6.61) устанавливаются низкие уровни напряжения, а на входе $\bar{Q}$ триггера $TT2$ — высокий уровень, что при наличии числа в счетчике $СЧ1$ и, следовательно, высоком уровне напряжения на выходе логического элемента $ЛЭ5$ обеспечивает прохождение через логический элемент $ЛЭ10$ импульсов с выхода Q триггера $TT1$ на вычитающий вход "–1" счетчика $СЧ1$. Через N рабочих циклов число в счетчике $СЧ1$ становится равным нулю, на выходе логического элемента $ЛЭ5$ устанавли-

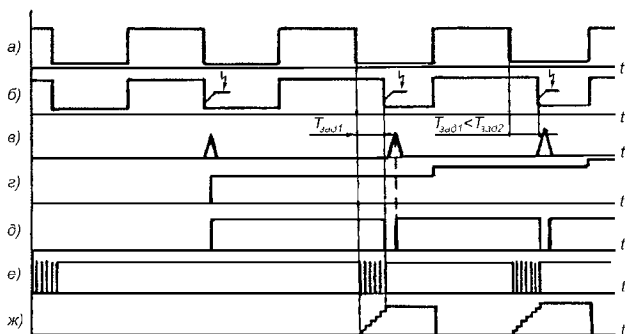


Рис. 6.63. Временные диаграммы работы устройства для регулирования УОЗ в 3-м режиме:
а ж см. рис. 6.62

вается низкий уровень напряжения, который запрещает прохождение импульсов с выхода Q триггера $ТТ1$ через логические элементы $ЛЭ9$ и $ЛЭ10$ на вычитающий "–1" и суммирующий "+1" входы счетчика $СЧ1$. Устройство переходит в 1-й режим работы без измерения УОЗ.

При наличии детонации в двигателе число A на входе $АЦП$ может быть меньше числа B в счетчике $СЧ1$ (3-й режим). Тогда сигнал высокого уровня на выходе логического элемента $ЛЭ8$ переключает триггер $ТТ2$ в состояние, при котором на его выходе Q устанавливается высокий уровень напряжения. Это напряжение разрешает прохождение импульсов с выхода $\bar{Q}$ триггера $ТТ1$ через логический элемент $ЛЭ9$ на суммирующий вход "+1" счетчика $СЧ1$. В то же время низкий уровень напряжения на выходе Q триггера $ТТ2$ запрещает прохождение этих импульсов на вычитающий вход "–1" счетчика $СЧ1$ (рис. 6.63). С каждым рабочим циклом число в счетчике $СЧ1$ возрастает на единицу, что ведет к уменьшению УОЗ и снижению уровня детонации.

Если при увеличении числа в счетчике $СЧ1$ за счет подачи на его суммирующий вход "+1" импульсов с выхода Q триггера $ТТ1$ детонация не прекращается, устройство формирует максимальную задержку управляющего импульса зажигания с выхода Q триггера $ТТ1$ при высоких уровнях сигналов на всех выходах счетчика $СЧ1$. При таком значении числа в счетчике $СЧ1$ на выходе логического элемента $ЛЭ6$ устанавливается низкий уровень сигнала, запрещающий прохождение импульсов с выхода Q триггера $ТТ1$ через логический элемент $ЛЭ9$ на суммирующий вход "+1" счетчика $СЧ1$. Двигатель будет работать с минимальным УОЗ.

После прекращения детонации в двигателе устройство переходит во 2-й режим работы, при котором УОЗ возрастает.

В случае, если увеличивающийся УОЗ при уменьшении числа в счетчике *СЧ1* (2-й режим) приводит к возобновлению детонации, происходит переключение направления счета в счетчике *СЧ1*, и устройство переходит в 3-й режим работы, увеличивая число в счетчике *СЧ1* и уменьшая УОЗ до значений, при которых детонация прекращается (2-й режим), т.е. устройство будет обеспечивать установку такого УОЗ, при котором двигатель работает на границе зоны детонации.

6.7.6. Цифровая система зажигания с двухканальным коммутатором

Контроллер ЦСЗ (рис. 6.64) предназначен для работы с двухканальным коммутатором, обеспечивающим низковольтное статическое распределение вторичного напряжения по свечам зажигания четырехцилиндрового двигателя с помощью двухвыводных катушек зажигания.

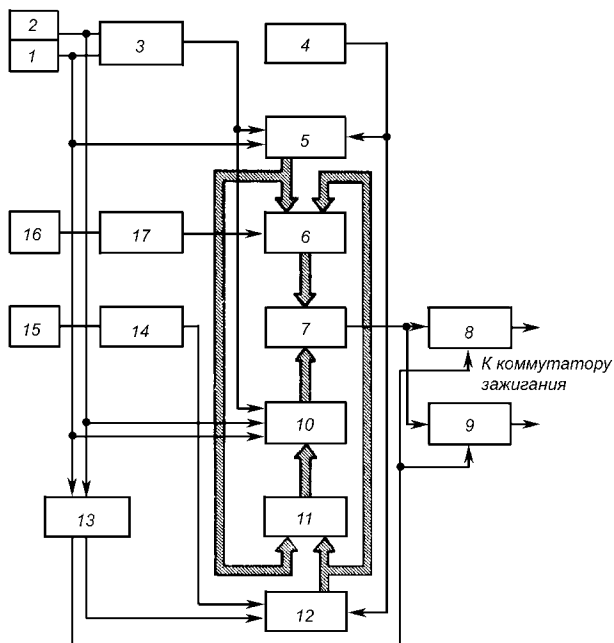


Рис. 6.64. Схема контроллера ЦСЗ

Информацию, необходимую для определения частоты вращения и положения коленчатого вала двигателя, контроллер получает от ДУИ 2 и ДНО 1.

Диаграммы работы контроллера, развернутые по углу φ поворота коленчатого вала для двух значений частоты вращения коленчатого вала n_1 и n_2 ($n_2 > n_1$), приведены на рис. 6.65. При такой форме представления рабочего процесса ЦСЗ угловые интервалы в серии импульсов (ДУИ) при изменении частоты вращения коленчатого вала n остаются неизменными (рис. 6.65, а), а интервалы между импульсами, поступающими от ГВЧ, при повышении n увеличиваются (рис. 6.65, в). Поэтому число импульсов ГВЧ, заполняющих фиксированный угловой интервал φ_0 (рис. 6.65, г, д) будет меньшим. Положение интервала φ_0 по углу поворота коленчатого вала устройство 3 (см. рис. 6.64) фор-

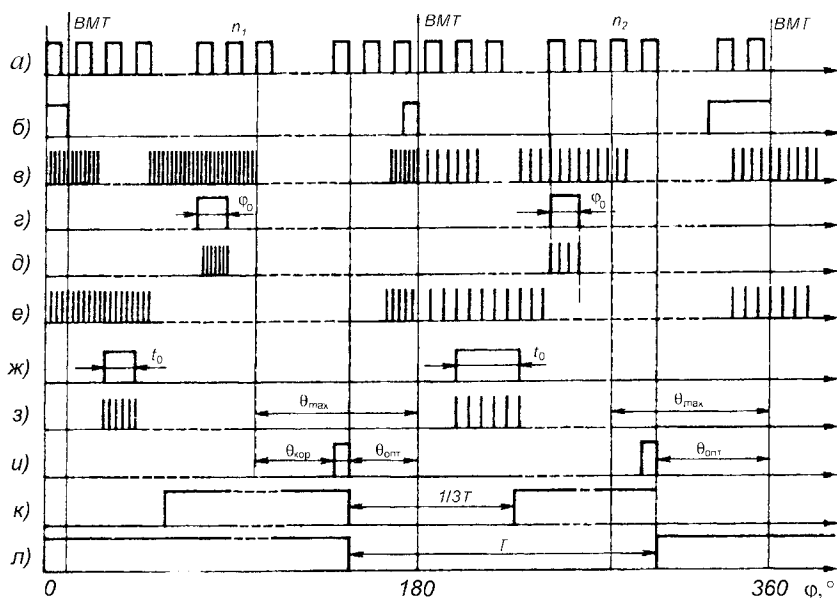


Рис. 6.65. Диаграммы работы контроллера ЦСЗ:

а — импульсы ДУИ; б — импульсы ДНО; в — импульсы ГВЧ для измерения скоростного режима двигателя; г — фиксированный угловой интервал φ_0 ; д — пакет импульсов ГВЧ за угловой интервал φ_0 ; е — импульсы ГВЧ для измерения вакуума во впускном трубопроводе; ж — интервал измерения вакуума; з — пакет импульсов ГВЧ за временной интервал t_0 ; и — импульсы момента искрообразования; к — импульс сигнала СЗ; л — импульс сигнала РК

мирования угловых интервалов определяет подсчетом числа импульсов ДУИ с момента поступления сигнала ДНО (см. рис. 6.65, б).

Число импульсов, записанных в счетчик 5 (см. рис. 6.64) импульсов ГВЧ за угловой интервал φ_0 , представляет собой двоичный код скоростного режима двигателя, который при появлении разрешающего сигнала от устройства 3 подается на входы ППЗУ1 6 и ППЗУ2 11. На входы ППЗУ1 от формирователя 17 цифрового сигнала датчика 16 температуры поступает также код числа импульсов, соответствующих тепловому состоянию двигателя (код определяет два состояния двигателя — до и после прогрева).

В ППЗУ1 и ППЗУ2 хранится информация о значениях оптимального УОЗ $\theta_{\text{опт}}$ для различных сочетаний скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя. Значения угла $\theta_{\text{опт}}$, выраженные в двоичном коде, заносятся в ППЗУ по данным таблиц, представляемых разработчиками или изготовителями двигателя.

Цифровой код информации о нагрузке двигателя от датчиков давления (вакуума) 14 и 15 формируется АЦП 12 путем подсчета импульсов ГВЧ в течение временного интервала t_0 (см. рис. 6.65, ж), длительность которого зависит от степени вакуума во впускном трубопроводе.

Информация от АЦП 12 (см. рис. 6.64) на входы ППЗУ1 и ППЗУ2 подается в угловом интервале от момента появления промежуточного опорного импульса, формируемого устройством 13 через 180° поворота коленчатого вала после сигнала ДНО, до начала интервала максимального УОЗ θ_{max} (см. рис. 6.65, з) устройством формирования угловых интервалов.

На выходе ППЗУ1 кодовой комбинации на его адресных входах соответствует двоичный код оптимального угла $\theta_{\text{опт}}$ для текущего скоростного режима работы с учетом нагрузки и теплового состояния двигателя. Цифровой комбинации на входах ППЗУ2 на его выходах соответствует требуемая коррекция УОЗ ($\theta_{\text{кор}}$) относительно максимального значения угла θ_{max} . Кодовая комбинация угла коррекции $\theta_{\text{кор}}$ поступает в счетчик 10 (см. рис. 6.64) и записывается в нем при поступлении разрешающего сигнала от устройства 3 в начале интервала, соответствующего θ_{max} (см. рис. 6.65, з). Одновременно счетчик 10 (см. рис. 6.64) начинает подсчет импульсов ДУИ. Число импульсов ДУИ, которое накапливается в счетчике 10, сравнивается с кодовой комбинацией ППЗУ1 в блоке 7 сравнения. На выходе блока 7 вырабатывается импульс управления моментом искрообразования (см. рис. 6.65, и), положение которого по углу поворота коленчатого вала соответствует оптимальному УОЗ.

Кроме импульсов момента искрообразования контроллер ЦСЗ формирует также импульсы сигнала зажигания СЗ и разделения каналов РК

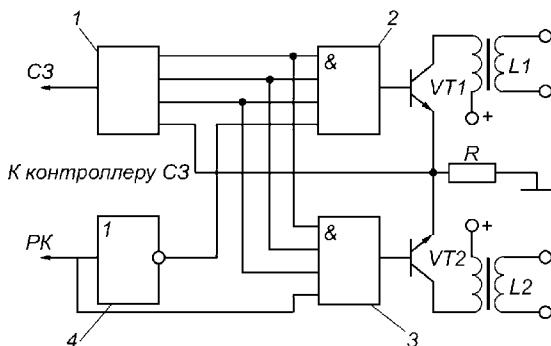


Рис. 6.66. Схема двухканального коммутатора ЦСЗ:

1 — блок регулирования времени накопления энергии и силы тока в катушке зажигания; 2 — логический элемент "И" первого канала; 3 — логический элемент "И" второго канала; 4 — инвертор

(рис. 6.65, к, л). Сигнал *СЗ*, формируемый устройством 8 (см. рис. 6.64), аналогичен сигналу датчика Холла, поэтому к выходу *СЗ* контроллера ЦСЗ может быть подсоединен одноканальный коммутатор 36.3734 бесконтактной системы зажигания с регулируемым временем накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания. Сигнал *РК* формируется устройством 9 по информации, получаемой от устройства формирования промежуточного опорного импульса 13 и с выхода блока 7 сравнения, и используется для организации низковольтного статического распределения вторичного напряжения по свечам зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров четырехтактного четырехцилиндрового двигателя.

Сигнал *СЗ* основного блока (рис. 6.66) регулирования времени накопления энергии и силы тока в катушке зажигания подается на входы двух логических элементов "И" 2 и 3 схемы управления двухканальным коммутатором с помощью сигнала *РК*. Прохождение сигнала *СЗ* по каждому из каналов зависит от наличия на всех входах соответствующего логического элемента "И" сигналов логической единицы. Сигнал *РК* подается на вход одного логического элемента "И" непосредственно, а на вход другого — через инвертор 4, чем обеспечивается попеременное включение каналов.

6.7.7. Двухканальные коммутаторы

На базе коммутатора 36.3734 был разработан коммутатор 42.3734 (рис. 6.67), имеющий дополнительный управляющий вход для сигнала *РК* и двухканальный выход. По принципу управления периодом

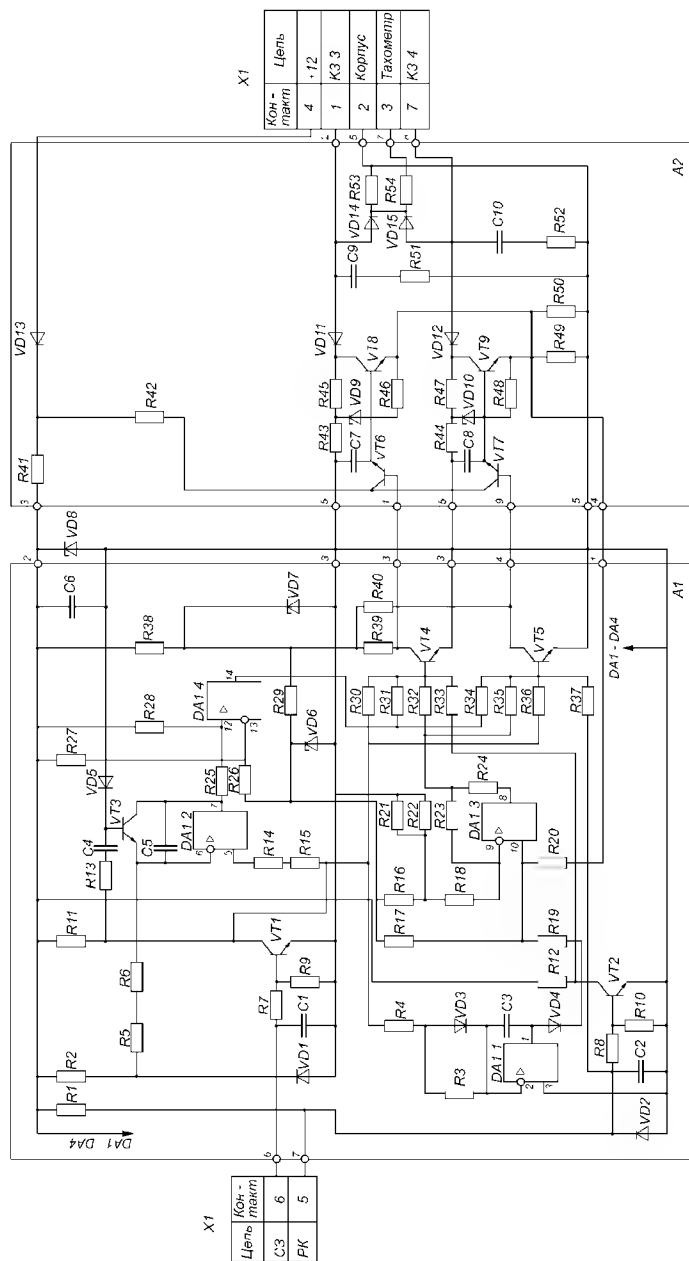


Рис. 6.67. Двухканальный коммутатор 42.3734

накопления энергии коммутатор 42.3734 полностью аналогичен коммутатору 36.3734 и содержит те же функциональные узлы. Основное отличие заключается в наличии двух выходных усилительных каскадов ($VT4$, $VT6$ и $VT5$, $VT7$), управляющих работой выходных транзисторов $VT8$ и $VT9$. Выходные каскады, в свою очередь, управляются сигналом PK контроллера через схему разделения каналов коммутатора посредством ключевого каскада на транзисторе $VT2$.

Выходные транзисторы коммутируют токи в первичных обмотках катушек зажигания $K3$ соответственно первого и четвертого, второго и третьего цилиндров. Процесс управления искрообразованием по первому и второму каналам аналогичны.

Конструктивно коммутатор 42.3734 выполнен на двух печатных платах: плате $A1$, на которой размещена операционная часть коммутатора, и плате $A2$ с выходными каскадами. Выходные транзисторы смонтированы на дополнительном радиаторе. Обе платы установлены в корпусе коммутатора одна под другой.

В коммутаторе 42.3734 формируется также сигнал управления тахометром элементами цепи $VD14$, $VD15$, $R53$ и $R54$.

Двухканальный коммутатор 6420.3734 (рис. 6.68) выполнен на базе интегральных микросхем $L497B$, что позволило разместить все эле-

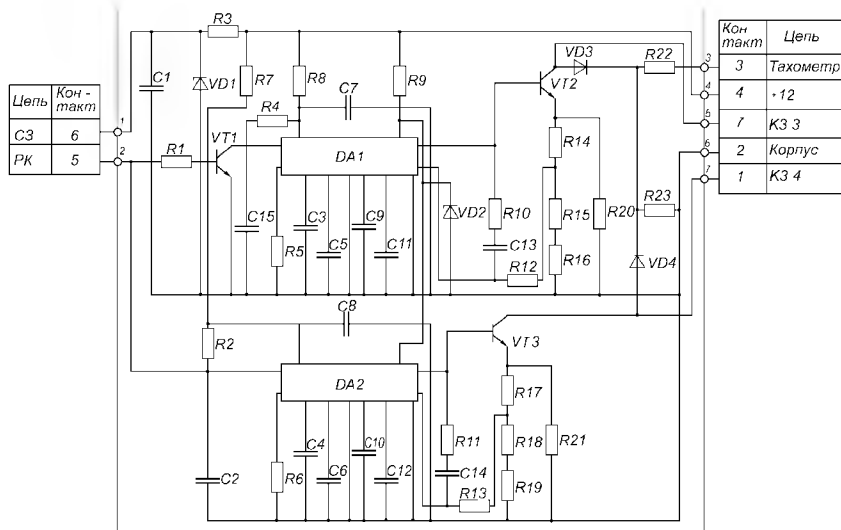


Рис. 6.68. Двухканальный коммутатор 6420.3734

менты, включая силовые транзисторы $VT2$ и $VT3$, на одной плате. Коммутатор выполняет те же функции, что и коммутатор 42.3734, и полностью с ним взаимозаменяем. В значительной степени надежность коммутаторов 6420.3734 повысило применение в качестве силовых транзисторов $VT2$ и $VT3$ составных транзисторов $BU931ZPF1$ с встроенной схемой защиты от перенапряжений.

ЦСЗ с двухканальным коммутатором и двумя двухвыводными катушками зажигания 29.3705 на пусковых режимах двигателя обеспечивает вторичное напряжение 20–22 кВ при шунтирующей емкости $C_{ш}$ вторичной цепи, равной 50 пФ, шунтирующем сопротивлении $R_{ш}$, равном 1 МОм, и напряжении на выводах аккумуляторной батареи $U_{АБ} = 6$ В. В рабочем режиме при частоте вращения коленчатого вала 1000 мин⁻¹, $C_{ш} = 50$ пФ, $R_{ш} = 1$ МОм и $U_{АБ} = 12$ В вторичное напряжение составляет 28–30 В, длительность искрового разряда – 1,55–1,65 мс, энергия разряда – 43–47 мДж, скорость роста вторичного напряжения – 720–750 В/мкс.

Функция регулирования времени накопления энергии, выполняемая в коммутаторах 36.3734, 3620.3734, 42.3734 и 6420.3734 аналоговым способом, может быть реализована с помощью цифровых функциональных узлов, которые вводятся в состав контроллера ЦСЗ.

6.7.8. Микропроцессорные системы зажигания

Микропроцессорные системы зажигания (МПСЗ) обладают высокой гибкостью управления и возможностью реализации комплексных функций и характеристик. Принципиальное отличие МПСЗ от рассмотренных ранее ЦСЗ состоит в том, что управление процессом обработки информации в них не обусловлено жесткими связями функциональных узлов, определенными электрической схемой и зафиксированными топологическим рисунком печатной платы. В МПСЗ используется принцип программируемой логики, который предполагает управление моментом искрообразования по определенной программе, занесенной в универсальное управляющее устройство. В зависимости от введенной программы управляющее устройство способно обеспечивать требуемые характеристики не только системы зажигания, но и электронных систем топливopодачи. Для построения цифрового управляющего устройства требуется небольшое количество больших интегральных схем (БИС), которые образуют микропроцессорный комплект.

Основной частью МПСЗ является микропроцессор, содержащий арифметико-логическое устройство (АЛУ), которое производит ариф-

метические операции сложения, вычитания, умножения, а также реализует функции умножения (логические элементы "И"), сложения (логический элемент "ИЛИ"), отрицания или инверсии (логический элемент "НЕ") и др. Программы управления процессами вычислений, характеристики управления искрообразованием и топливоподачей и другие данные, которые в данном типе управляющего устройства не изменяются в течение всего времени его эксплуатации на двигателе, заносятся в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) методами необратимого программирования (маскирование, вжигание).

Информация от датчиков параметров рабочего процесса двигателя, которая изменяется при изменении режима работы двигателя и обновляется в каждом цикле вычислений после появления опорного сигнала ДНО, поступает в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Эта информация хранится в ОЗУ до тех пор, пока она не будет востребована по сигналу, устанавливаемому программой, заложенной в ПЗУ.

Используя информацию от датчиков и занесенные в ПЗУ данные таблиц УОЗ, микропроцессор вычисляет оптимальный УОЗ для каждого цикла работы двигателя и формирует соответствующий данному углу сигнал на выходе контроллера для электронного коммутатора. Значения УОЗ в таблицах ПЗУ оптимизированы по какому-либо показателю качества рабочего процесса двигателя (максимальные мощность и экономичность, минимальная токсичность и др.).

Сочетание в МПСЗ программных и аппаратных средств регулирования момента зажигания позволяет вычислять оптимальный УОЗ в течение 8—12 мкс. Преимущества МПСЗ обусловлены возможностью наращивания функций для обеспечения работы от большего числа датчиков, например в случае ввода в ПЗУ программы управления УОЗ по степени детонации, а также для самодиагностирования. Для изменения алгоритма управления МПСЗ нет необходимости изменять структуру всей системы. Достаточно разработать новую программу управления УОЗ микропроцессором и записать ее в ПЗУ контроллера.

В микропроцессорную систему управления моментом зажигания (рис. 6.69) входят следующие приборы:

контроллер 7 "Электроника МС2713" со встроенным датчиком давления (вакуума);

электронный двухканальный коммутатор 8;

ДНО 4;

ДУИ 5;

датчик 6 температуры охлаждающей жидкости;

двухвыводные катушки зажигания 11 и 12;

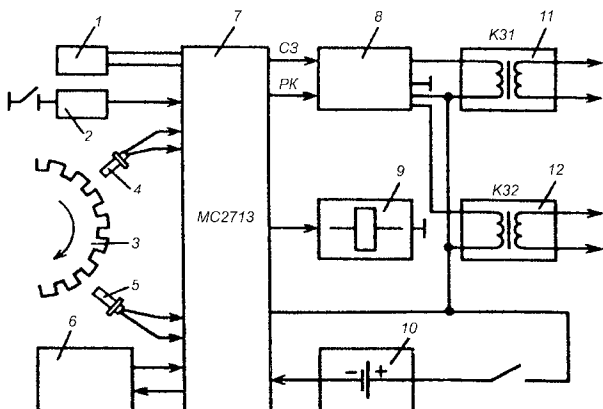


Рис. 6.69. Схема МПСУД автомобильного двигателя:

1 – впускной трубопровод двигателя; 2 – датчик положения дроссельной заслонки; 3 – маховик двигателя; 4 – ДНО; 5 – ДУИ; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 – контроллер "Электроника МС2713"; 8 – электронный коммутатор; 9 – электромагнитный клапан ЭПХХ; 10 – аккумуляторная батарея; 11, 12 – катушки зажигания КЗ1 и КЗ2

датчик 2 положения дроссельной заслонки (концевой выключатель).

Для реализации оптимального закона управления УОЗ на входы контроллера поступают данные о скоростном, нагрузочном режимах и тепловом состоянии двигателя.

Информация о скоростном режиме двигателя снимается с индуктивных датчиков ДНО и ДУИ. ДНО синхронизирует работу контроллера с работой двигателя, формируя в определенной фазе работы двигателя одиночный опорный импульс. ДУИ со схемой преобразования сигналов вырабатывает импульсную последовательность, которая используется микропроцессором для вычисления частоты вращения и угла поворота коленчатого вала.

По информации полупроводникового датчика 6 температуры охлаждающей жидкости двигателя контроллер корректирует характеристики управления УОЗ.

По сигналам от концевого выключателя о положении дроссельной заслонки контроллер управляет электромагнитным клапаном 9 ЭПХХ, включая и выключая его в зависимости от режима работы двигателя.

По опорному импульсу ДНО контроллер 7 подает на коммутатор 8 сигнал разделения каналов РК, обеспечивая с помощью катушек КЗ1

и КЗ2 искрообразование в свечах зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

Контроллер. Функциональными блоками контроллера "Электроника МС2713" (рис. 6.70) являются:

преобразователи квазисинусоидальных сигналов НО и УИ индуктивных датчиков ДНО и ДУИ в прямоугольные импульсы с логическими уровнями интегральных МОП-структур;

преобразователь сигнала полупроводникового датчика температуры порогового типа, вырабатывающий сигналы логического нуля или логической единицы в зависимости от уровня температуры охлаждающей жидкости двигателя (ниже или выше 65°C);

полупроводниковый датчик давления (вакуума) для определения нагрузки двигателя по степени вакуума в задрессельном пространстве карбюратора, имеющий на своем выходе напряжение U , пропорциональное степени вакуума;

преобразователь "напряжение — время" U/T ;

формирователь сигнала конечного выключателя КВ (датчика положения дроссельной заслонки), вырабатывающий сигнал управления электромагнитным клапаном ЭПХХ в соответствии с состоянием контактов датчика;

устройство ввода-вывода УВВ;

процессор P (КМ1823ВУ1);

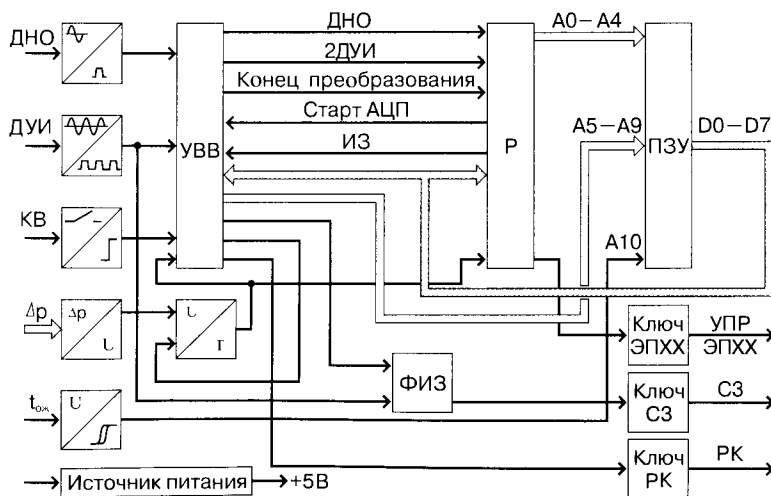


Рис. 6.70. Схема контроллера "Электроника МС2713"

восьмиразрядное ПЗУ для хранения закодированных характеристик управления УОЗ и электромагнитным клапаном ЭПХХ и служебных констант, необходимых для функционирования процессора и УВВ; формирователь импульса зажигания ФИЗ (КМ1223АГ1);

выходные ключи сигналов *СЗ* и *РК* для согласования выходов контроллера с выходами коммутатора и защиты выходов микросхем от импульсных перенапряжений и помех;

мощный выходной ключ управления ЭПХХ, переключающий электромагнитный клапан с активным сопротивлением обмотки $33,0 \pm 3,3$ Ом и имеющий защиту от перегрузки по току;

источник электроснабжения, стабилизирующий напряжение питания всех блоков контроллера на уровне $+(5,0 \pm 0,25)$ В.

Преобразованные в прямоугольные импульсы сигналы датчиков ДНО и ДУИ поступают на входы УВВ, где частоты угловых импульсов удваиваются (2ДУИ) для повышения точности вычисления УОЗ. У четырехтактных четырехцилиндровых двигателей рабочий цикл осуществляется за два оборота коленчатого вала, а одноименные такты в цилиндрах повторяются через 180° . С другой стороны, метод определения процессором угла поворота коленчатого вала основан на подсчете импульсов ДУИ с момента появления опорного импульса ДНО, вырабатываемого один раз за 60° . Поэтому необходим второй дополнительный опорный импульс со сдвигом относительно первого на 180° .

Аналоговый сигнал тензометрического датчика давления (вакуума) преобразуется в цифровой код, пропорциональный степени вакуума во впускном трубопроводе, по принципу двойного интегрирования.

Начало измерения степени вакуума и вычисления УОЗ синхронизировано с импульсом *НО* с целью исключения влияния на результаты вычислений пульсаций давления во впускном трубопроводе и неравномерности вращения коленчатого вала, вызываемых периодической сменой тактов работы двигателя.

Пять старших разрядов восьмиразрядного кода частоты вращения коленчатого вала используются для формирования части разрядов *A0–A4* десятиразрядного адреса ПЗУ. По импульсу *НО* процессор формирует управляющий сигнал "Старт АЦП", по которому УВВ пускает преобразователь "напряжение-время". С такого момента начинается процесс преобразования напряжения на выходе датчика вакуума в цифровой код. В конце данного процесса по сигналу "Конец преобразования" УВВ на адресных входах *A5–A9* ПЗУ устанавливает код одной из 32 заложенных в ПЗУ страниц, в которой хранится характе-

ристика регулирования УОЗ по частоте вращения коленчатого вала, соответствующая измеренной степени вакуума во впускном трубопроводе. Разрешающая способность контроллера составляет 2,7 кПа (20 мм рт.ст.) по степени вакуума и 25 мин⁻¹ по частоте вращения коленчатого вала. УОЗ изменяется с дискретностью, равной или кратной половине периода импульсов УИ.

Характеристики управления УОЗ в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя вместе со служебными константами занимают 1 кБт информационной емкости ПЗУ. В ПЗУ заложены характеристики для прогретого и непрогретого двигателей. Преобразованный импульс датчика температуры охлаждающей жидкости, по которому выбирается соответствующая характеристика, поступает на старший разряд A10 адреса ПЗУ.

В состав процессора входит счетчик угла поворота коленчатого вала, в который по импульсу НО загружается код УОЗ, вычисленный в предыдущем цикле работы контроллера. Затем начинается счет УИ. При переполнении счетчика на выходе процессора появляется импульс зажигания ИЗ, который через УВВ поступает в ФИЗ. В свою очередь, ФИЗ вырабатывает сигнал постоянной скважности, подаваемый через ключ СЗ на выход контроллера. Импульс зажигания ИЗ используется УВВ для формирования сигнала разделения каналов РК. Каналы коммутатора переключаются в момент появления ИЗ, а правильность переключения подтверждается сигналом НО, что повышает помехозащищенность контроллера.

Вычисление угла поворота коленчатого вала и формирование импульса зажигания ИЗ, определяющего момент разрыва первичных цепей катушек зажигания, производится аппаратными средствами процессора независимо от работы остальной части схемы контроллера.

Одновременно с вычислением УОЗ для текущих значений частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости и степени вакуума во впускном трубопроводе процессор контроллера определяет состояние электромагнитного клапана ЭПХХ. Сигнал управления электромагнитным клапаном ЭПХХ вырабатывается контроллером с учетом особенностей алгоритма его работы согласно заданной программы и подается на ключ ЭПХХ, обеспечивающий прекращение подачи топлива в карбюратор двигателя в режиме принудительного холостого хода.

Вычисленные значения УОЗ запоминаются. На выходе контроллера устанавливается соответствующий логический уровень сигнала управления ЭПХХ. После процессор переходит в режим ожида-

ния следующего импульса *НО*. Далее цикл работы контроллера повторяется.

В контроллере "Электроника МС2713" предусмотрена защита от перемены полярности питающего напряжения и замыкания контактов разъема на корпус. Контроллер сохраняет работоспособность при подаче напряжения электроснабжения +18 В, при наличии в бортовой сети автомобиля перенапряжений с амплитудой до 150 В, не требует технического обслуживания и регулирования в процессе эксплуатации и может быть адаптирован для любого двигателя путем программирования ПЗУ под его характеристики управления.

Применение контроллера "Электроника МС2713" для управления моментом зажигания и электромагнитным клапаном ЭПХХ позволяет снизить расход топлива и токсичность отработавших газов двигателя, улучшить динамические качества автомобиля. Это обусловливается стабильностью воспроизведения заданных характеристик управления УОЗ с максимально возможным приближением их к границе зоны детонации.

Конструктивно контроллер выполнен на печатной плате размером 150×60 мм с односторонним расположением элементов и двухсторонней металлизацией, которая закреплена на основании контроллера и защищена стальным кожухом.

Вычисление УОЗ и МПСЗ. Для повышения точности вычисления требуемого УОЗ в контроллере МПСЗ используется метод линейной интерполяции. Если измеренное значение частоты вращения коленчатого вала отличается от значений в таблицах, заложенных в ПЗУ, то опорные значения углов интерполируют по формуле:

$$\varphi_x = \varphi_1 + (n_x - n_1)(\varphi_2 - \varphi_1)/(n_2 - n_1),$$

где n_x — код текущей частоты вращения коленчатого вала двигателя (рис. 6.71, а); n_2, n_1 — соответственно ближайшие к коду n_x коды больших и меньших табличных значений частоты вращения коленчатого вала; $\varphi_x, \varphi_1, \varphi_2$ — углы поворота коленчатого вала, соответствующие коду частот вращения n_x, n_1, n_2 .

Для повышения точности определения и отслеживания УОЗ вычисление угла φ_x производится поэтапно. Сначала осуществляется интерполяция по частоте вращения коленчатого вала для табличных значений n_2, n_1 , а затем между найденными опорными значениями углов $\varphi_{1x}, \varphi_{2x}$ проводится интерполяция по степени вакуума во впускном трубопроводе (рис. 6.71, б). Интерполяция по степени вакуума между значениями $\Delta p_1, \Delta p_2$.

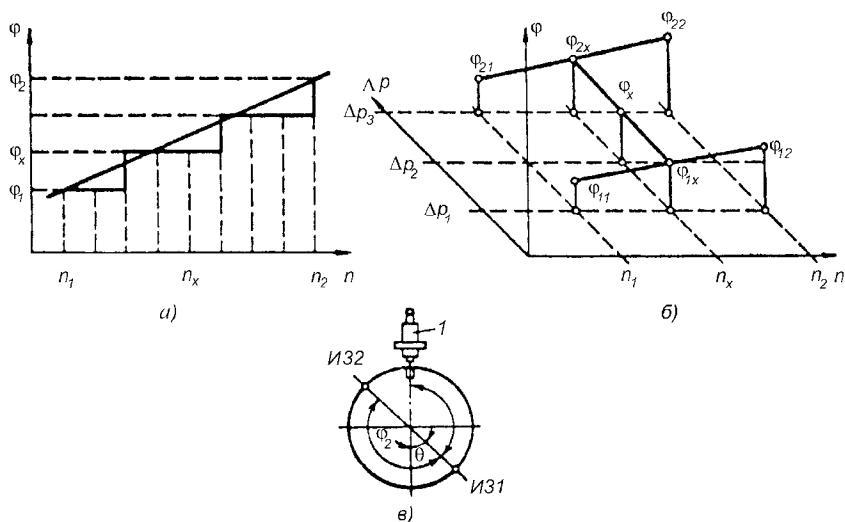


Рис. 6.71. Схема работы МПСЗ:
1 – ДНО

Отслеживание УОЗ производится контроллером на каждом обороте коленчатого вала, а изменение его значения — после расчета УОЗ, соответствующего текущим скоростному и нагрузочному режимам работы двигателя. Определение скоростного и нагрузочного режимов производится за один или несколько оборотов коленчатого вала в зависимости от частоты его вращения. При низких частотах вращения коленчатого вала вычисление частоты его вращения завершается до первого импульса зажигания ИЗ1 (рис. 6.71, в), а при высоких частотах — до появления импульса зажигания ИЗ2 или за полный оборот коленчатого вала. Если вычисление частоты вращения коленчатого вала заканчивается до появления первого импульса зажигания, то после его появления в течение второй половины оборота вычисляется степень вакуума во впускном трубопроводе, и значения УОЗ интерполируются. Когда вычисление частоты вращения коленчатого вала завершается после первого и второго импульсов ИЗ, степень вакуума определяется на втором обороте коленчатого вала после формирования импульса от ДНО, а интерполяция производится после первого импульса ИЗ на втором обороте.

Катушки зажигания ЦСЗ и МПСЗ. Все большее распространение получают катушки зажигания с замкнутым магнитопроводом (рис. 6.72), предназначенные, в основном, для бесконтактных систем зажигания с

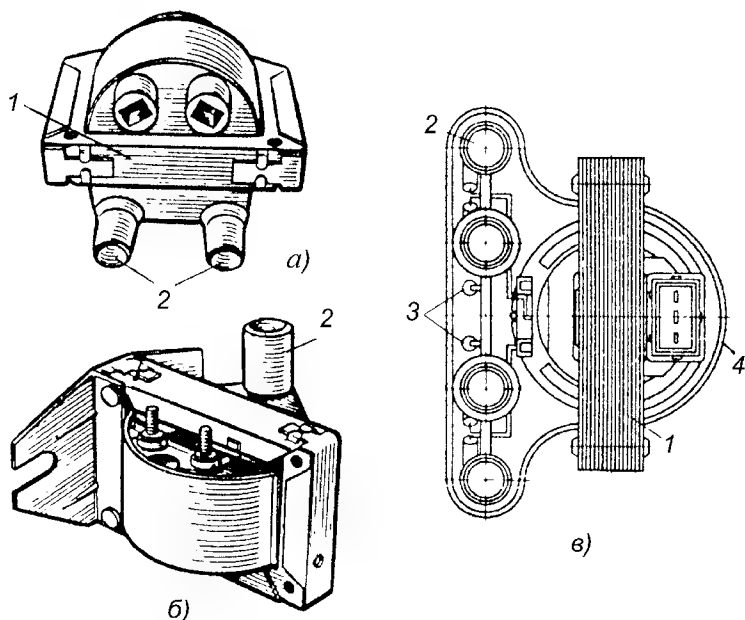


Рис. 6.72. Катушки зажигания с замкнутым магнитопроводом:

а — 30.3705; *б* — 31.3705; *в* — четырехвыводная с встроенными высоковольтными диодами; 1 — магнитопровод; 2 — выводы; 3 — высоковольтные диоды; 4 — корпус

регулируемым временем накопления энергии, для ЦСЗ и МПСЗ. Наличие замкнутого магнитопровода, благодаря уменьшению его магнитного сопротивления, позволяет существенно уменьшить габаритные размеры катушки зажигания, расход обмоточной меди, трудоемкость изготовления катушки.

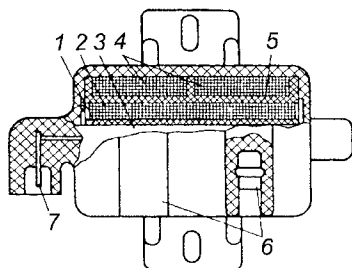
Магнитопровод катушки набирается из пластин тонколистовой электротехнической стали толщиной 0,35 мм. Магнитопровод нельзя считать полностью замкнутым, так как при сборке двух его половин между ними остается воздушный зазор, препятствующий насыщению магнитопровода.

В системах зажигания с низковольтным распределением энергии применяют двух- и четырехвыводные катушки зажигания.

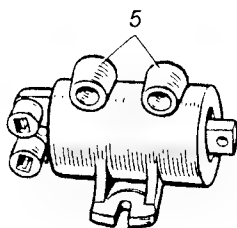
Конструкция двухвыводной катушки зажигания приведена на рис. 6.73. Катушка изготавливается по специальной технологии, включающей пропитку обмоток эпоксидными компаундами и последующую их опрессовку морозостойким пропиленом, образующим корпус. Корпус в

Рис. 6.73. Двухвыводная катушка зажигания:

1 — изоляционная втулка; 2, 4 — соответственно первичная и вторичная обмотки; 3 — магнитопровод; 5 — каркас вторичной обмотки; 6, 7 — выводы соответственно вторичной и первичной обмоток



сборе с обмотками и выводами представляет собой монолитную конструкцию, обладающую высокой стойкостью к механическим и климатическим воздействиям. Вторичная обмотка намотана на пластмассовый каркас. Такая конструкция обмотки позволяет уменьшить ее емкость, устранить вероятность межвиткового пробоя. Отсутствие трансформаторного масла исключает опасность взрыва и воспламенения катушки зажигания.



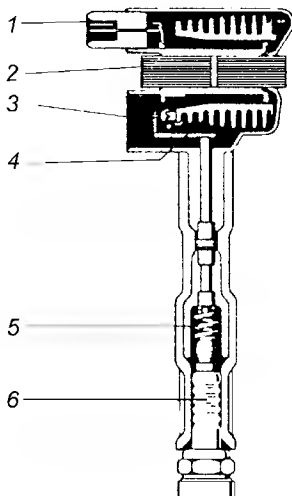
Системы зажигания с катушками, работающими на одну и две свечи, применяются как альтернативные широко распространенным системам с высоковольтным распределителем зажигания.

В двухвыводной катушке вторичная обмотка электрически изолирована от первичной обмотки. Каждый из двух выводов высокого напряжения соединен со свечой зажигания для обеспечения искрообразования на обеих свечах при прерывании тока в первичной обмотке.

Устанавливаемая на свече зажигания катушка (рис. 6.74) работает только на эту свечу, позволяя получить импульс зажигания на отдельной свече в определенный момент зажигания.

Рис. 6.74. Катушка зажигания для одной свечи:

1 — вывод низкого напряжения; 2 — магнитопровод; 3, 4 — первичная и вторичная обмотки; 5 — пружинный контакт; 6 — свеча зажигания



6.8. СВЕЧИ ЗАЖИГАНИЯ

6.8.1. Условия работы свечи зажигания на двигателе

Свеча зажигания обеспечивает воспламенение топливовоздушной смеси в цилиндре бензинового двигателя электрической искрой, которая возникает между электродами свечи при подаче на нее высокого вторичного напряжения катушки зажигания.

По принципу работы различают свечи с воздушным искровым промежутком, со скользящей искрой, полупроводниковые, многоискровые и другие, по исполнению — неэкранированные (открытого типа) и экранированные. От совершенства конструкции свечи зажигания, правильного подбора ее к двигателю в значительной мере зависит надежность работы и системы зажигания, и двигателя.

Автомобильные двигатели отличаются по характеру нагрузки, степени сжатия, типу системы охлаждения, способу управления топливopодачей, организации процесса смесеобразования и многим другим факторам. Поэтому невозможно создать одну конструкцию свечи зажигания для всех двигателей. Свечи зажигания могут существенно отличаться по конструктивному исполнению, применяемым материалам и характеристикам. Для правильного выбора свечи зажигания, которая обеспечит наилучшие мощностные и экономические показатели двигателя, необходимо иметь полное представление об условиях ее работы на двигателе.

При работе на двигателе свеча зажигания подвергается комплексному циклическому воздействию высоких механических, электрических и химических нагрузок. Диапазоны изменения этих нагрузок очень широки. Частота циклирования действующих на свечу зажигания нагрузок зависит от частоты вращения коленчатого вала и тактности двигателя. По мере развития двигателестроения и форсирования двигателей интенсивность воздействия перечисленных нагрузок на свечу зажигания возрастает. Срок службы свечей на разных двигателях различен. Снижению срока службы свечей зажигания способствует наличие в бензине антидетонационных присадок, содержащих свинец. Свеча зажигания подвергается воздействию не только циклических нагрузок внутри камеры сгорания, но и внешних климатических факторов.

Тепловые нагрузки. Температура газовой среды в камере сгорания двигателя колеблется от 70 °С, что соответствует температуре свежего заряда топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндр, до 2000—

2700 °С (максимальная температура цикла). В то же время в подкапотном пространстве двигателя окружающий свечу зажигания воздух может иметь температуру от –60 до +100 °С. Из-за неравномерного нагрева отдельных участков свечи в ней возникают тепловые деформации и напряжения, опасные тем, что в конструкции свечи использованы материалы с различными коэффициентами линейного расширения (различные металлы, сплавы металлов, керамика). Указанный перепад температур свеча должна выдерживать без потери работоспособности.

Механические нагрузки. В каждом цикле сгорания топливовоздушной смеси в цилиндре двигателя на свечу зажигания действует значительная ударная нагрузка, стремящаяся вырвать изолятор свечи из корпуса. Максимальное давление цикла достигает 5–6 МПа. В процессе сборки свечи зажигания по существующей технологии при завальцовке в корпус и термоосадке изолятор подвергается усилию сжатия 25–30 кН. При ввертывании свечи в головку блока цилиндров к ее корпусу прикладывается вращающий момент 40–60 Н·м. При длительной эксплуатации величина вращающего момента может значительно увеличиться из-за образования нагара на резьбе или срыва резьбы в головке цилиндров. На работающем двигателе свеча зажигания испытывает также вибрационные нагрузки.

Электрические нагрузки. Свеча зажигания периодически находится под высоким вторичным напряжением системы зажигания, величина которого может достигать 30 кВ. Электрическая нагрузка на свечу возрастает с увеличением искрового промежутка между электродами, при скруглении острых кромок на центральном электроде и образовании выемки на боковом электроде вследствие электрической эрозии. Интенсивность изнашивания электродов дополнительно возрастает из-за того, что в продуктах сгорания находятся вещества, вызывающие химическую коррозию электродов. Такие вещества могут оказывать воздействие даже на керамический изолятор. Опыт эксплуатации показывает, что в процессе работы свечи зажигания зазор между электродами увеличивается в среднем на 0,015 мм на 1000 км пробега автомобиля. С целью повышения экономичности двигателя за счет использования обедненных топливовоздушных смесей зазор между электродами свечей увеличивают до 1,2–1,5 мм, что неизбежно приводит к необходимости роста вторичного напряжения системы зажигания и, как следствие, к повышению электрических нагрузок на свечу.

Шунтирование искрового промежутка свечи. Неполное сгорание топлива в цилиндре двигателя приводит к отложению токопроводящего

нагара на поверхности теплового корпуса изолятора свечи зажигания. Нагар образуется также вследствие попадания на тепловой конус моторного масла. Смазочный материал является изолятором, но когда он смачивает слой ранее отложившегося нагара, то образующееся при этом вещество становится электропроводным. Вероятность появления нагара на тепловом конусе изолятора возрастает при работе двигателя на бензине с антидетонационными присадками.

Токопроводящий нагар на тепловом конусе изолятора шунтирует искровой промежуток свечи, вызывая утечку тока при росте напряжения во вторичной цепи катушки зажигания. Вторичное напряжение, подводимое к электродам свечи зажигания, уменьшается. Чем меньше шунтирующее сопротивление, тем больше сила тока утечки и меньше подводимое к электродам свечи вторичное напряжение. Напряжение во вторичной цепи системы зажигания может оказаться равным или меньшим напряжения пробоя. В данном случае возникают перебои в искрообразовании.

Прекращение искрообразования возможно из-за конденсации влаги на холодном тепловом конусе свечи при пуске двигателя. К аналогичному результату может привести утечка тока, а иногда и разряд по наружной поверхности изолятора, находящейся в подкапотном пространстве, если она загрязнена или покрыта влагой. Поэтому материал изолятора не должен поглощать влагу, а поверхность изолятора должна быть стойкой к смачиванию.

6.8.2. Устройство свечей зажигания

Наибольшее распространение на автомобилях получили неэкранированные свечи зажигания с воздушным искровым промежутком. Свеча зажигания (рис. 6.75) имеет металлический корпус 4 с резьбой для ввертывания в отверстие головки блока цилиндров. Герметичность цилиндра в резьбовом соединении обеспечивается уплотнительным кольцом 7. В корпусе 4 путем завальцовки его верхнего края закреплен изолятор 3, внутри которого проходит контактный стержень 2, оканчивающийся контактной головкой 1 в верхней части и центральным электродом 9 в нижней. Во многих конструкциях свечей контактный стержень 2 и центральный электрод 9 разделены электропроводным герметиком 6. Для лучшего сцепления с герметиком на нижней части контактного стержня выполнена сетчатая накатка. Боковой электрод 10 с корпусом 4 соединен методом контактной сварки. Между коническими посадочными местами изолятора и

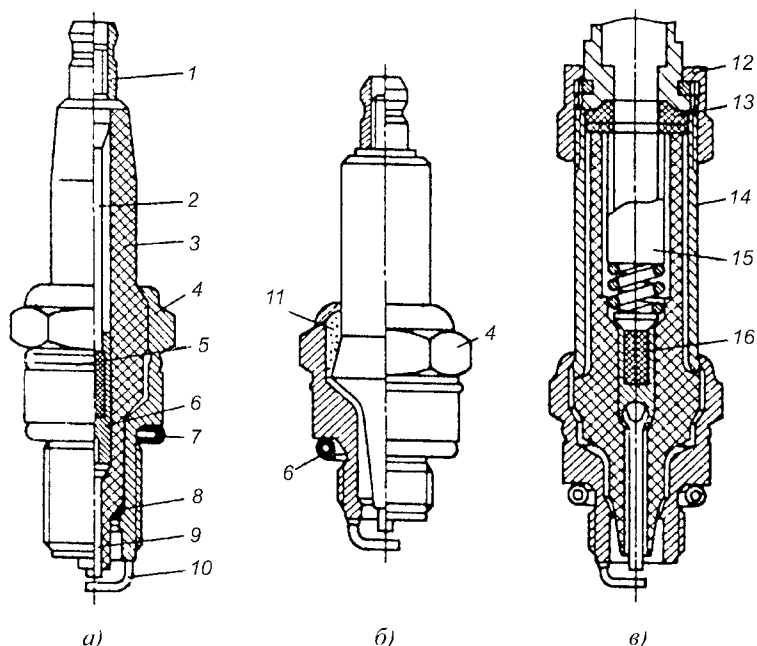


Рис. 6.75. Свечи зажигания:

а, б — неэкранированные; *в* — экранированная; 1 — контактная головка; 2 — контактный стержень; 3 — изолятор; 4 — корпус; 5 — термоосадочный пояс; 6 — электропроводный герметик; 7, 13 — уплотнительные кольца; 8 — теплопроводящая шайба; 9 — центральный электрод; 10 — боковой электрод; 11 — тальк; 12 — гайка; 14 — экран; 15 — контактное устройство; 16 — контактный стержень

корпуса устанавливают теплопроводящую уплотнительную шайбу 8. Кроме отвода теплоты теплопроводящая шайба 8 герметизирует корпус свечи.

Герметичность между корпусом и изолятором является одним из важнейших требований к свече зажигания. Даже незначительная потеря герметичности приводит к прорыву горячих газов, перегреву изолятора свечи и его быстрому разрушению. Герметизация между изолятором и корпусом в одних конструкциях свечей достигается термоосадкой корпуса. После завальцовывания буртика корпуса термоосадочный пояс 5 нагревается током высокой частоты до температуры 700–800 °С, после чего опрессовывается при усилии 20–25 кН. В других конструкциях свечей (рис. 6.75, б) герметизация обеспечивается с помощью талька 11 с последующей завальцовкой буртика корпуса.

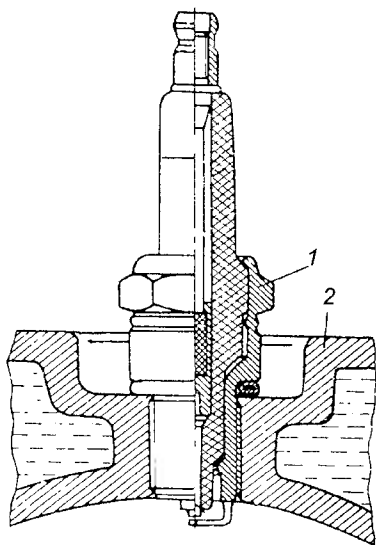


Рис. 6.76. Установка свечи зажигания в головке блока цилиндров:

1 — свеча зажигания; 2 — головка блока цилиндров

При необходимости более полного подавления радиопомех и обеспечения работы свечи зажигания в условиях сильного загрязнения применяют экранированные (рис. 6.75, в) и, как правило, герметизированные свечи. Контакт высоковольтного провода со свечой обеспечивается с помощью контактного устройства 15, а защита от попадания на свечу влаги — резиновым уплотнителем и гайкой 12, накрученной на экран 14. Контактный стержень выполнен укороченным. Некоторые экранированные свечи зажигания имеют встроенный помехоподавительный резистор. Пример установки неэкранированной свечи зажигания в головке блока цилиндров показан на рис. 6.76.

Тепловые, механические, электрические и химические нагрузки

главным образом воздействуют на изолятор свечи зажигания, который должен иметь высокую электрическую и механическую прочность, быть химически инертным и термостойким. От свойств материала изолятора зависят эксплуатационные свойства и тепловые характеристики свечи зажигания.

Изоляторы свечей изготавливают из уралита, боркорунда, хилумина, синоксали и других материалов, обладающих высокой электрической и механической прочностью при высоких температурах. Уралит, боркорунд, синоксаль являются керамическими материалами с высоким содержанием оксида алюминия Al_2O_3 . Для улучшения изоляционных свойств поверхности наружной части изолятора ее полируют или покрывают глазурью.

Материалы электродов свечей зажигания должны обладать высокой коррозионной и эрозионной стойкостью, жаростойкостью, хорошей теплопроводностью, пластичностью. Центральный электрод обычно имеет круглое сечение, а боковой — прямоугольное с закругленными углами. Центральный электрод нагревается в большей степени, чем боковой. Поэтому его изготавливают из высокохромистых

сплавов: хромотитанового 13Х25Т или хромоникелевого Х20Н80 (нихрома). Для изготовления бокового электрода используют никельмарганцевый сплав НМц-5.

Температурный диапазон безотказной работы свечи зажигания может быть расширен за счет применения электродов с сердцевинкой из меди и термостойким покрытием никелевым сплавом, а также серебряных и платиновых электродов (свечи типа "термопластик"). Благодаря лучшей теплопередаче, снижение температуры центрального электрода и теплового конуса изолятора при сравнительно большой длине теплового конуса позволяет применять такие свечи на форсированных высокооборотных двигателях, не опасаясь снижения способности свечи к самоочищению на режимах частичных нагрузок двигателя и холостого хода.

Корпус свечи и контактную головку изготавливают из конструкционных сталей. Для предохранения от коррозии стальной корпус подвергают воронению и цинкованию. Материал уплотнительных колец — сталь, алюминий или медь. Медные кольца предпочтительнее, так как обеспечивают лучшую теплопередачу.

6.8.3. Тепловая характеристика свечей зажигания

Искровая свеча зажигания обеспечивает работу двигателя без перебоев в искрообразовании и калильного зажигания топливовоздушной смеси, если температура теплового конуса изолятора, расположенного в камере сгорания, находится от 400—450 до 850—900 °С.

Нижняя граница указанного температурного диапазона определяется условием самоочищения теплового конуса изолятора свечи от нагара. Для быстрого прогрева до температуры самоочищения при пуске двигателя и достаточного нагрева при работе двигателя на режимах холостого хода и частичных нагрузок тепловой конус изолятора свечи должен иметь максимально допустимую длину. В то же время тепловой конус изолятора и центральный электрод не должны нагреваться до температуры свыше 850—900 °С при работе двигателя с полной нагрузкой во избежание воспламенения топливовоздушной смеси от нагретых частей свечи до появления искры между электродами.

Калильное зажигание характеризуется падением развиваемой двигателем мощности, а также резким повышением температуры и давления газов в цилиндре, приводящим к серьезным неисправностям двигателя: прогару поршня, разрушению деталей кривошипно-ша-

тунного механизма, оплавлению выпускного клапана, изолятора и электродов свечи зажигания. В связи с большей длительностью нахождения в цилиндре газов с высокой температурой при раннем воспламенении топливовоздушной смеси от нагретых частей свечи резко возрастает температура стенок камеры сгорания, что неизбежно ведет к прогрессивному развитию процессов калильного зажигания. Оплавление электродов не обязательно свидетельствует о том, что именно свеча была причиной калильного зажигания. Часто электроды свечи, и без того испытывающие высокие тепловые нагрузки, выгорают в результате калильного зажигания от каких-либо деталей, находящихся в камере сгорания.

Условия работы свечей зажигания на различных двигателях существенно отличаются, тогда как температурные пределы нормальной ее работоспособности практически одинаковы. Поэтому невозможно создать свечу, одинаково хорошо работающую на всех двигателях. Свечи различают, в основном, по тепловой характеристике, под которой понимается ее способность воспринимать теплоту от рабочих газов

в цилиндре и передавать ее в окружающую среду, нагреваясь до температур, находящихся в определенном диапазоне. Тепловую характеристику изменяют за счет изменения количества теплоты, поступающей в свечу, добиваясь наилучшего теплоотвода от нее.

Количество теплоты, передаваемой свече, зависит от степени сжатия, формы камеры сгорания, материала поршня и головки блока цилиндров, способа охлаждения, нагрузки и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Чем больше количество теплоты, выделяемой в камере сгорания, тем больше должна быть теплоотдача свечи.

Теплоотдача от свечи в окружающую среду осуществляется через ее корпус, изолятор, центральный и боковой электроды (рис. 6.77) часть теплоты (около 20 %) отводится от свечи, поступающей в камеру сгорания свежей топливовоздушной смесью.

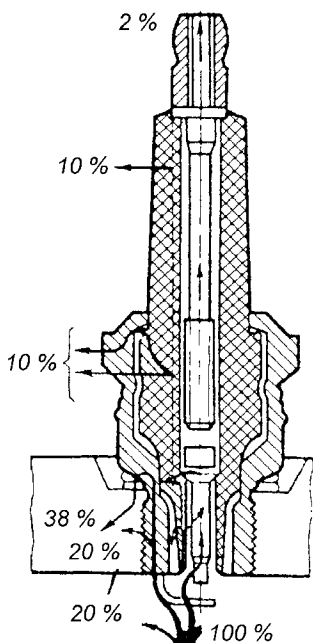


Рис. 6.77. Тепловой баланс свечи

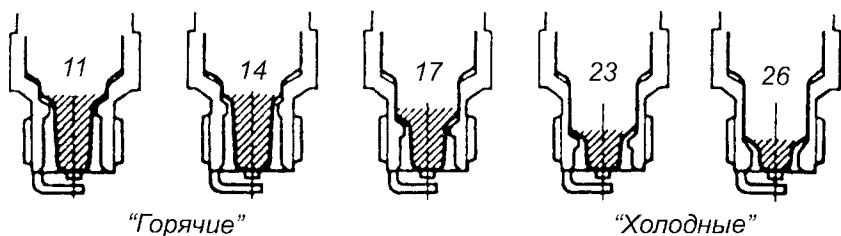


Рис. 6.78. Свечи с различными тепловыми характеристиками

Теплоотдача свечи зависит от длины теплового конуса изолятора. При длинном тепловом конусе изолятора отвод теплоты от него затрудняется: свеча с длинным тепловым конусом получает большое количество теплоты и плохо охлаждается. Такую свечу принято называть "горячей" (рис. 6.78). Короткий тепловой конус изолятора, обеспечивающий хорошую теплопередачу, характерен для "холодных" свечей. При установке "горячей" свечи на форсированный быстроходный двигатель возникнет калильное зажигание, тогда как на изоляторе "холодной" свечи, установленной на тихоходном двигателе с низкой степенью сжатия, будет откладываться нагар, шунтирующий искровой промежуток.

Тепловую характеристику свечи зажигания оценивают калильным числом (величина, пропорциональная среднему индикаторному давлению, при котором во время испытания свечи на специальной моторной установке с одноцилиндровым двигателем возникает калильное зажигание). Калильное число выбирается из следующего ряда чисел: 8, 11, 14, 17, 20, 23 и 26.

Малые значения калильных чисел относятся к "горячим" свечам, высокие значения — к "холодным".

В некоторых странах за калильное число принимают время, в течение которого эталонный двигатель работает до начала калильного зажигания. Так, калильные числа свечей зажигания фирмы "Бош" (Bosch) находятся в пределах 45—260 условных единиц.

"Холодная" свеча с высоким калильным числом не обеспечивает необходимый тепловой режим изолятора при работе двигателя в режиме холостого хода и при малых нагрузках (рис. 6.79, кривая 2). Очевидно, что на этих режимах обеспечивается нормальная работа "горячей" свечи с меньшим калильным числом (рис. 6.79, кривая 1). Однако при этом существует опасность перегрева изолятора и центрального электрода и даже возникновения калильного зажигания

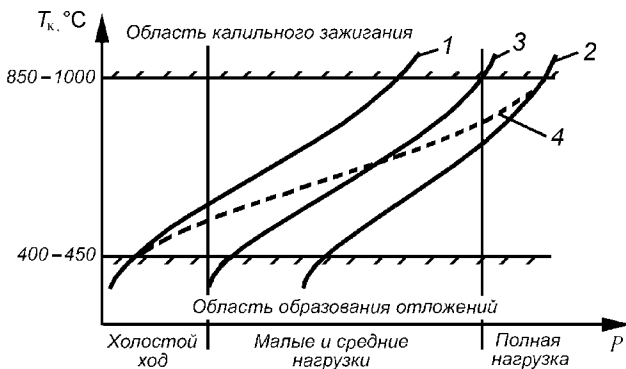


Рис. 6.79. Зависимость температуры T_k теплового конуса изолятора свечи от нагрузки P двигателя для свечей:

1 — "горячей"; 2 — "холодной"; 3 — "нормальной"; 4 — типа "термопластик"

при работе двигателя с полной нагрузкой. Применением свечи типа "термопластик" (рис. 6.79, кривая 4) обеспечивается нормальная ее работа в более широком диапазоне нагрузок двигателя.

6.8.4. Маркировка свечей зажигания

Искровые свечи различают по диаметру резьбы корпуса, длине ввертной части, типу уплотнения, калильному числу. Маркировка свечей зажигания должна содержать:

обозначение диаметра и шага резьбы (А — резьба М14×1,25 или М — резьба М18×1,5);

букву, характеризующую особенность конструкции свечи (К — с коническим уплотнителем без прокладки; М — малогабаритная);

калильное число, указываемое после двух букв (если конструктивные особенности свечи отсутствуют, то калильное число ставится после первой буквы);

длину резьбовой части 19 или 11 мм соответственно буквы Д или Н (при отсутствии буквы после калильного числа длина резьбовой части 12 мм);

на выступание теплового конуса изолятора за торец корпуса указывает буква В.

Пример маркировки: А17ДВ — свеча с резьбой М14×1,25, калильным числом 17, длиной резьбовой части корпуса 19 мм, выступающим тепловым конусом, обычным уплотнением медной шайбой.

6.8.5. Подбор свечи зажигания к двигателю

Свечи к двигателю должны подбираться с учетом реальных условий эксплуатации. Повышение степени сжатия, литровой мощности, частоты вращения коленчатого вала, наличие наддува требуют применение свечей с большим калильным числом, т.е. "холодных" свечей. С другой стороны, повышение требований к таким показателям двигателя, как топливная экономичность, малая токсичность, улучшение пусковых свойств при низких температурах, повышение стабильности работы в режимах холостого хода и малых нагрузок обуславливают применение "горячих" свечей с малыми калильными числами. В результате большое значение придается созданию конструкций свечей с расширенным диапазоном безотказной работы по нагрузке.

Если свеча по калильному числу выбрана правильно, то тепловой конус изолятора имеет цвет от серо-оранжевого до коричневого. Белый цвет изолятора свидетельствует о том, что свеча перегревается, т.е. имеет слишком малое калильное число. Если калильное число свечи выше необходимого, тепловой конус изолятора покрывается бархатистым матово-черным нагаром. В случае нарушения герметичности свечи или ослабления ее крепления в головке блока цилиндров возможны сильная эрозия электродов и появление на тепловом конусе изолятора капель расплава.

6.9. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ПРОВОДА. СВЕЧНОЙ НАКОНЕЧНИК

На автомобилях применяются провода высокого напряжения обычные с металлическим проводником I (рис. 6.80, *a* и *б*) и специальные с распределенными параметрами для подавления радиопомех (рис. 6.80, *в*–*д*).

Высоковольтные провода марок ПВВ, ПВРВ, ППОВ и ПВЗС имеют медную токопроводящую жилу, изолированную поливинилхлоридным пластиком, резиной или полиэтиленом. Поверх изоляции токопроводящей жилы провода марок ПВРВ, ППОВ и ПВЗС еще имеют оболочку из поливинилхлоридного пластика и резины повышенной маслостойкости.

Системы зажигания автомобильных бензиновых двигателей являются источником радиопомех. Высоковольтные провода таких систем выполняют функцию антенн, излучающих энергию в результате радиопомех. Для того чтобы уровень радиопомех не пре-

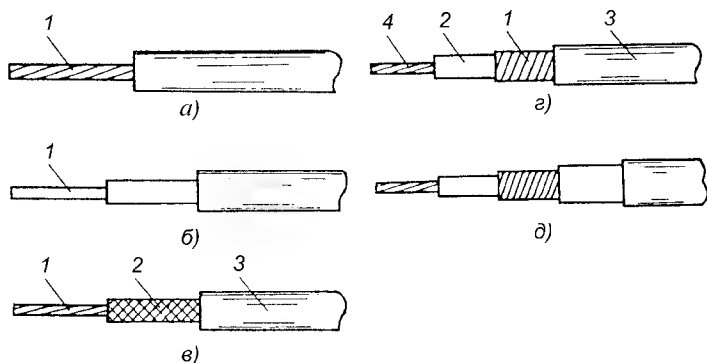


Рис. 6.80. Высоковольтные провода марок:

а – ПВВ; *б* – ПВРВ; *в* – ПВВО; *г* – ПВВП; *д* – ПВВП-40

вышал нормированных значений, провода марок ППВ, ПВРВ, ППОВ и ПВЗС на двигателе устанавливаются с помехоподавительными резисторами, которые могут находиться на свечах или в распределителе зажигания. В настоящее время широко применяются провода с распределенным активным сопротивлением (резистивный провод), которые позволяют отказаться от помехоподавительных резисторов.

Токопроводящая жила резистивного провода выполняется из неметаллического материала с высоким электрическим сопротивлением. Для сердечника жилы используется хлопчатобумажная пряжа (рис. 6.80, *в*), пропитанная сажевым раствором. Сердечник жилы находится в хлопчатобумажной или капроновой оплетке 2. Для изоляции 3 резистивных проводов используют поливинилхлоридный пластикат, одно- или двухслойную резину.

Недостатком резистивного провода является то, что при их использовании трудно обеспечить надежный контакт сердечника из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной сажевым раствором, в хлопчатобумажной или капроновой оплетке с наконечниками. Поэтому на автомобилях нашли применение реактивные провода с активным, индуктивным и емкостным распределенным сопротивлением переменному току. Благодаря наличию в них металлической токопроводящей жилы легко обеспечивается надежный контакт с наконечниками. На льняную нить 4 (рис. 6.80, *г*) реактивного провода нанесен слой ферропласта, состоящий (по массе) из 80 % ферритового порошка и 20 % поливинилхлоридного.

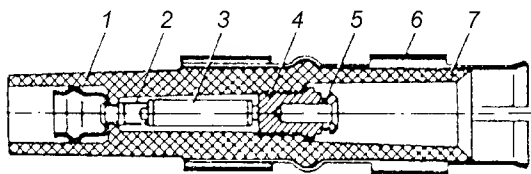


Рис. 6.81. Экранированный наконечник свечи:

1 – вывод; 2 – пружина; 3 – резистор; 4 – наконечник; 5 – скоба; 6 – экран; 7 – корпус

Резистивный провод ПВВО обладает сопротивлением 15–40 кОм/м и рассчитан на максимальное рабочее напряжение 15 кВ.

Реактивные провода применяются, в частности, на автомобилях ВАЗ. Поглощение радиопомех в проводе марки ПВВП обеспечивается проводником и диэлектриком ферропластового сердечника. Провод ПВВП выпускается диаметром 7,2 мм на напряжение 25 кВ и диаметром 8,0 мм на напряжение 40 кВ и имеет сопротивление 2 кОм/м. Для бесконтактных систем зажигания автомобилей ВАЗ применяется провод ПВВП-40 с силиконовой изоляцией, рассчитанный на напряжение до 40 кВ, сопротивлением 2,55 кОм/м.

Помехоподавительный резистор 3 (рис. 6.81) может встраиваться в свечной экранированный наконечник.

7. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

7.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Автомобильные и тракторные двигатели представляют собой сложные системы, состоящие из отдельных подсистем: топливоподачи, зажигания, охлаждения, смазочной, газообмена и т.д. Все подсистемы связаны друг с другом и при функционировании образуют единое целое. Управление двигателем нельзя рассматривать в отрыве от управления автомобилем или трактором.

Скоростные и нагрузочные режимы работы автомобильного двигателя зависят от скоростных режимов движения автомобиля в различных условиях эксплуатации, которые включают в себя разгоны и замедления, движения с относительно постоянной скоростью, остановки. Водитель изменяет скоростной и нагрузочный режимы бензинового двигателя, воздействуя на дроссельную заслонку. Выходные характеристики двигателя при этом зависят от состава топливовоздушной смеси и УОЗ, управление которыми обычно осуществляется автоматическими системами. Схема управления автомобильным двигателем приведена на рис. 7.1, а схема двигателя как объекта автоматического управления — на рис. 7.2.

Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки $\varphi_{др}$, УОЗ θ , цикловой расход топлива G_t и др.) — параметры, которые влияют на протекание рабочего цикла двигателя. Их значения определяются внешними воздействиями на двигатель со стороны водителя или системы автоматического управления, поэтому они называются также управляющими.

Выходные параметры, которые называются управляемыми, характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся: частота вращения коленчатого вала, крутящий момент M_e , показатель топливной экономичности g_e и токсичность отработавших газов (например, содержание CO), а также многие другие.

Кроме входных управляющих параметров, на двигатель во время его работы воздействуют случайные возмущения, которые мешают управлению. К случайным возмущениям можно отнести изменение

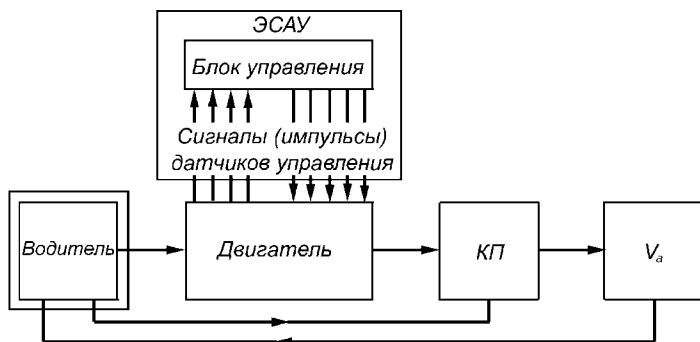


Рис. 7.1. Схема управления автомобильным двигателем:

ЭСАУ – электронная система автоматического управления; КП – коробка передач; v_a – скорость движения автомобиля

параметров состояния внешней среды (температура T , давление p , влажность), свойств топлива и масла и т.д.

Для двигателя характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Как объект управления двигатель считается нелинейным, так как реакция на любые суммарные внешние воздействия не равна суммарной реакции на каждое из воздействий в отдельности. Учитывая, что автомобильный двигатель в условиях городской езды работает на нестационарных режимах, возникает проблема оптимального управления им. Возможность оптимального управления двигателем на нестационарных режимах появилась с развитием электронных систем управления.

Из-за сложности конструкции, наличия допусков на размеры деталей двигателя одной и той же модели имеют различные характеристики. Кроме того, отдельные цилиндры многоцилиндрового двигателя отличаются по конструктивным параметрам (степень сжатия, геометрия впускного и выпускного трактов и т.д.).

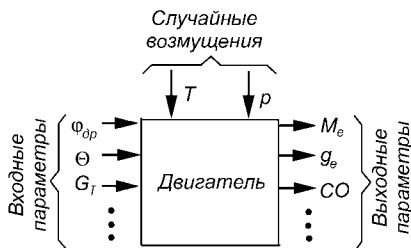


Рис. 7.2. Схема двигателя как объекта управления

Двигатель представляет собой многомерный объект управления, так как число входных параметров у него больше одного и каждый входной параметр воздействует на два и более выходных. В таком случае система управления также должна быть многомерной.

Чрезвычайно широкое распространение автомобильных и тракторных двигателей предопределило и большое разнообразие их конструкций, что приводит к многовариантности электронных систем управления. С другой стороны, развитие электронных систем управления стимулирует появление новых конструктивных решений при проектировании двигателя.

К основным задачам электронных систем управления относятся обработка информации от датчиков, контролирующих протекание рабочего процесса в двигателе, и выработка управляющих командных импульсов для исполнительных механизмов.

При классификации по способу и достигнутому уровню обработки информации электронные системы управления двигателем можно подразделить на четыре основные группы с управлением:

- программным;
- программно-адаптивным;
- адаптивным;
- интеллектуальным.

К системам с программным управлением относят системы с жесткими постоянными программами действия, заложенными в датчиках или в электронных устройствах системы. Программное управление осуществляется в электронных системах с низким уровнем автоматизации управления.

В системах с программным управлением программа действия различных функциональных систем двигателя формируется еще на стадии проектирования, затем уточняется в процессе доводки систем и в неизменном виде сохраняется в течение всего времени эксплуатации.

В реальных условиях эксплуатации автомобиля и трактора неизбежно появление рассогласования между заложенными в систему и требуемыми на данный момент эксплуатации программами. Рассогласование программ управления двигателем связано с изменением его технического состояния в процессе эксплуатации, изменением свойств топлива и смазочных материалов, а также многих других факторов, не поддающихся прогнозированию при составлении программы управления. Корректировка программ в жестко программируемых системах управления практически невозможна.

Программно-адаптируемые системы относятся к второму, более совершенному поколению электронных систем управления двигателем.

В таких системах заложенная при проектировании программа управления корректируется с учетом информации на выходе системы за счет введения обратной связи по заданному критерию. В большинстве современных систем с программно-адаптивным управлением, в частности, систем управления впрыскиванием топлива и зажиганием, обеспечивается адаптация по критерию стехиометрического состава топливовоздушной смеси или по критерию детонации.

Учитывая современные достижения в области создания электронных систем управления, своевременна постановка задачи комплексного адаптивного управления рабочими процессами двигателя. Отличительной особенностью комплексных адаптивных систем управления является возможность изменения законов регулирования при изменении технического состояния и условий эксплуатации двигателя самой системой.

Комплексные программно-адаптируемые и адаптируемые системы управления строятся на базе микропроцессоров. Современные микропроцессорные системы управления двигателем (МПСУД) позволяют существенно расширить возможности оптимизации рабочих процессов в двигателе, так как они способны учитывать не только конструктивные особенности двигателей, но и адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

На рис. 7.3 приведена одна из возможных схем МПСУД, составными частями которой являются электронно-управляемые системы топливоподачи (ЭТС), газообмена (ЭСГО) и управления охлаждением двигателя. Управляемым параметром этой МПСУД является частота n вращения коленчатого вала. Необходимый крутящий момент M_e на коленчатом валу двигателя обеспечивает тепловое звено $TЗ$, в котором выделяемая при сгорании топливовоздушной смеси тепловая энергия преобразуется в механическую энергию (механическое звено).

Управляющие сигналы $u_1 - u_7$, воздействующие на тепловое звено, вырабатываются микроконтроллером МК на основании информации, получаемой от различных датчиков. На вход микроконтроллера подается только один сигнал $I_{yд}$, несущий информацию о положении педали управления двигателем, которое устанавливается водителем автомобиля.

Структурная схема обобщенного микроконтроллера МПСУД приведена на рис. 7.4. Основой микроконтроллера МК является микропроцессор МП, который получает информацию от датчиков Д и задатчиков З через интерфейс ввода и управляет исполнительными механизмами через интерфейс вывода.

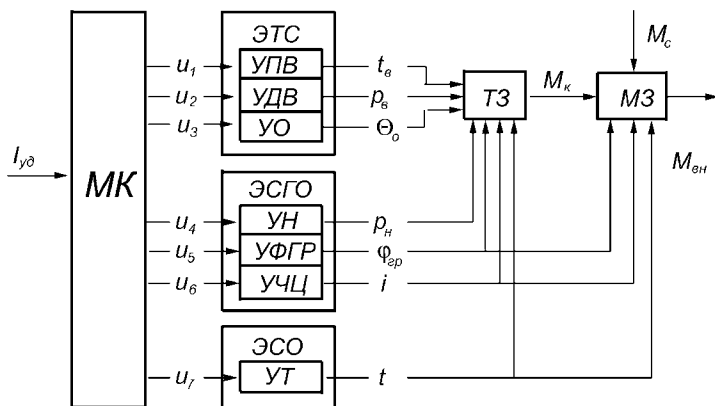


Рис. 7.3. Схема МПСУД:

МК – микроконтроллер; *ЭТС*, *ЭСГО*, *ЭСО* – соответственно электронные системы управления подачей топлива (электронная топливная система), газообмена и охлаждения; *УПВ*, *УДВ*, *УО* – соответственно каналы управления продолжительностью, давлением и опережением впрыскивания топлива; *УН*, *УФГР*, *УЧЦ* – каналы управления наддувом, фазами газораспределения и числом работающих цилиндров; *УТ* – канал управления температурой в различных системах двигателя; *ТЗ* – тепловое звено; *МЗ* – механическое звено; M_k – крутящий момент; M_c , $M_{вн}$ – внешний и внутренний моменты сопротивления; t_b – продолжительность впрыскивания топлива; p_b – давление впрыскивания топлива; Θ_o – угол опережения впрыскивания топлива; p_n – давление наддува; $\varphi_{гр}$ – фазы газораспределения; i – число работающих цилиндров; t – температура охлаждающей жидкости; $I_{y,д}$ – положение педали управления; u_1 – u_2 – управляющие сигналы

На автомобильных и тракторных двигателях, кроме систем зажигания, топливоподачи, охлаждения и газообмена, электронно-управляемыми могут быть системы рециркуляции газов, наддува и др. Для каждой модификации двигателя желательно выбирать такой состав электронных систем в *МПСУД*, который обеспечит оптимальное соотношение между достигаемыми экономическим и экологическим эффектами и стоимостью производства и технического обслуживания в эксплуатации *МК* и всей *МПСУД* в целом.

Прежде всего, экономические и экологические показатели как бензиновых двигателей, так и дизелей могут быть значительно улучшены при электронном управлении их системами топливоподачи. Электронные и микропроцессорные системы впрыска топлива позволяют строго дозировать подачу топлива в зависимости от режима работы двигателя.

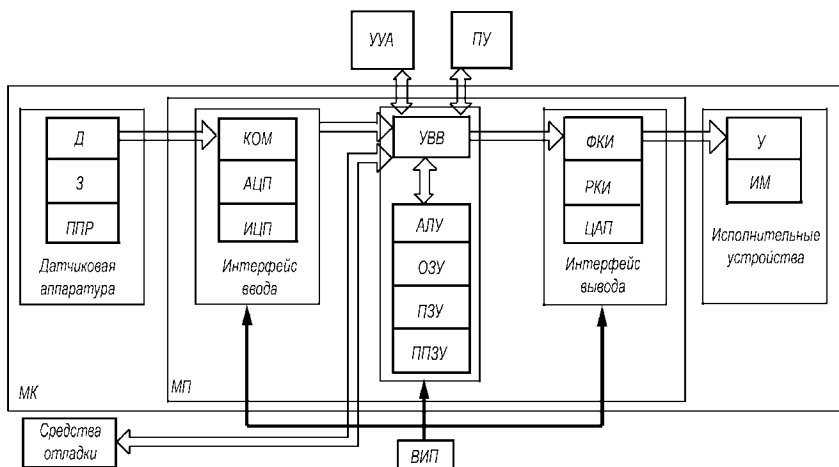


Рис. 7.4. Структурная схема обобщенного микроконтроллера МК:

УУА – устройство управления автомобиля; ПУ – пульт управления; ВИП – вторичные источники питания; МП – микропроцессор; Д – датчики; З – задатчики; ППР – первичные измерительные преобразователи; У – усилители; ИМ – исполнительный механизм; УВВ – устройства ввода-вывода; АЛУ – арифметически-логическое устройство; ПЗУ – программируемое запоминающее устройство; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ППЗУ – перепрограммируемое запоминающее устройство; КОМ – коммутатор; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ИЦП – импульсно-цифровой преобразователь; ФКИ – формирователь командных импульсов; РКИ – распределитель командных импульсов; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

7.2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМАЙЗЕРОМ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ХОЛОСТОГО ХОДА (САУ ЭПХХ)

7.2.1. Принцип работы САУ ЭПХХ

При движении в городских условиях 18–25 % времени двигатель работает в режиме принудительного холостого хода. Двигатель работает в режиме принудительного холостого хода при торможении двигателем, переключении передач, движении автомобиля накатом и т.д. В таких случаях дроссельная заслонка карбюратора закрыта (педаль управления дроссельной заслонкой полностью отпущена), частота вращения коленчатого вала двигателя превышает частоту вращения, соответствующую "самостоятельному" холостому ходу.

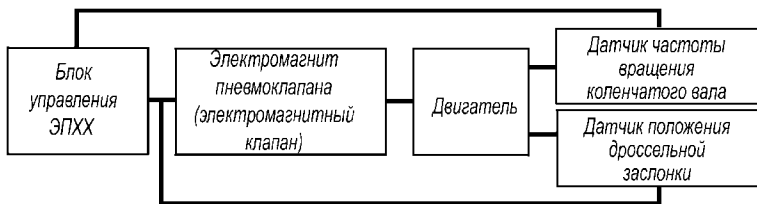


Рис. 7.5. Схема САУ ЭПХХ

На принудительном холостом ходу коленчатый вал двигателя вращается за счет кинетической энергии автомобиля. Автомобиль движется с включенной передачей и отпущенной педалью управления дроссельной заслонкой. В режиме принудительного холостого хода от двигателя не требуется отдача мощности, а сгорание топливовоздушной смеси приводит только к загрязнению окружающей среды. В результате быстрого закрытия дроссельной заслонки топливовоздушная смесь переобогащается, что приводит к повышению токсичности отработавших газов.

Для снижения расхода топлива и уменьшения выброса токсичных веществ в окружающую среду на автомобилях применяют электронные САУ ЭПХХ, которые в режиме принудительного холостого хода прекращают подачу топлива. В состав САУ ЭПХХ входит электронный блок управления, электромагнитные клапаны и концевой выключатель карбюратора.

САУ ЭПХХ (рис. 7.5) работает следующим образом. Для определения режима принудительного холостого хода служат датчики частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки. Информация о частоте вращения коленчатого вала поступает в блок управления ЭПХХ с катушки зажигания (с первичной обмотки). В качестве датчиков положения дроссельной заслонки используется микровыключатель 4 (рис. 7.6) или датчик-винт.

Во время режима принудительного холостого хода электронный блок подает управляющий сигнал на закрытие электромагнитного клапана. Подача топлива через систему холостого хода прерывается. После окончания режима принудительного холостого хода, когда происходит открытие дроссельной заслонки и частота вращения вала увеличивается за счет работы главной дозирующей системы карбюратора, при достижении определенной частоты вращения коленчатого вала электронный блок дает управляющий сигнал на открытие электромагнитного клапана. Подача топлива через систему холостого хода карбюратора возобновляется.

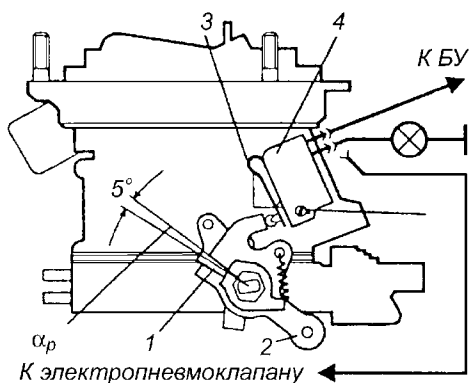


Рис.7.6. Размещение датчика положения дроссельной заслонки на карбюраторе:
 1 — ограничитель хода рычага дроссельных заслонок; 2 — рычаг привода дроссельных заслонок; 3 — рычаг микровыключателя; 4 — микровыключатель; 5 — винт крепления; α_p — угол отгиба промежуточного рычага; БУ — блок управления

САУ ЭПХХ грузовых и легковых автомобилей несколько отличаются по алгоритму управления, схеме и конструктивному исполнению. Схемы электронных блоков управления ЭПХХ легковых и грузовых автомобилей зависят от закона управления электромагнитным клапаном карбюратора.

7.2.2. САУ ЭПХХ легковых автомобилей

САУ ЭПХХ автомобилей ВАЗ-2107 содержит блок управления 25.3761, электромагнитный клапан 1902.3741 и микровыключатель 421.3709.

Блок управления 25.3761 (рис. 7.7) состоит из компараторов и цепей обратной связи. Блок управления обеспечивает прекращение подачи топлива при закрытой дроссельной заслонке и частоте вращения коленчатого вала двигателя выше 1500 мин⁻¹. Подача топлива в режиме принудительного холостого хода прерывается иголкой ЭПХХ, перемещение которой осуществляется пневматической системой, управляемой электромагнитным клапаном.

При работающем двигателе импульсы напряжения от системы зажигания (от прерывателя или катушки зажигания), пропорциональные частоте вращения коленчатого вала, подаются на вход $X4$ блока управления и далее на входной делитель напряжения $R1$ и $R2$, диод $VD1$, конденсатор $C2$ и базу транзистора $VT1$. Проходящий через конденсатор $C2$ ток заряда открывает транзистор $VT1$, который пере-

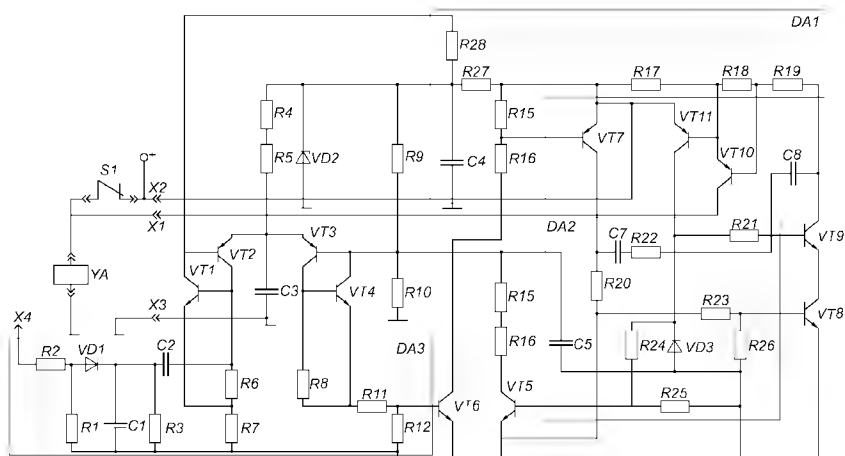


Рис. 7.7. Схема блока управления ЭПХХ 25.3761 легкового автомобиля ВАЗ-2107: DA1 DA3 микросхемы

водит в открытое состояние транзистор *VT2*. Транзисторы *VT1* и *VT2* будут находиться в открытом состоянии до тех пор, пока не произойдет полный разряд конденсатора *C3*. После закрытия транзисторов *VT1* и *VT2* начинает работать схема преобразования частоты в напряжение.

В интервале между входными импульсами конденсатор *C3* заряжается через резисторы *R4* и *R5* до напряжения тем большего, чем больше временной интервал между импульсами зажигания. Напряжение конденсатора *C3* подается на вход компаратора, собранного на транзисторах *VT3* и *VT4*. Опорное напряжение с делителя напряжения *R9*, *R10* подается на другой вход компаратора, которым является вывод базы транзистора *VT3*. Опорное напряжение составляет только часть напряжения питания блока управления, стабилизированного стабилизатором *VD2*.

К выходу компаратора через резистор *R11* подключена база транзистора *VT6*. Если частота вращения коленчатого вала двигателя станет меньше заданного порогового значения, напряжение на конденсаторе *C3* превысит опорное напряжение. Транзисторы *VT3* и *VT4* перейдут в открытое состояние, на резисторе *R12* появится выходное напряжение компаратора, которое переведет в открытое состояние транзисторы *VT6*, *VT7* и *VT8*. При этом конденсатор *C7* начинает заряжаться и ток его заряда на короткий промежуток времени откроет

транзистор *VT9*. Через коллектор — эмиттерные переходы транзисторов *VT8* и *VT9* пройдет ток базы транзистора *VT10*, который переведет составной транзистор *VT10* и *VT11* в открытое состояние.

При переходе транзистора *VT11* в открытое состояние открывается и транзистор *VT5*. Параллельно резистору *R10* подключаются резисторы *R15*, *R16*, поэтому опорное напряжение снижается, чем обеспечивается гистерезис в работе блока управления: напряжение на его выходе вновь появляется при уменьшении частоты вращения коленчатого вала до 1100 мин⁻¹. Наличие гистерезиса способствует более четкому срабатыванию блока управления. Возобновление подачи топлива при более низкой частоте вращения коленчатого вала по отношению к пороговой частоте (1500 мин⁻¹) повышает устойчивость работы двигателя. Резисторы *R15*, *R16* совместно с транзистором *VT5* образуют жесткую обратную связь.

Таким образом, если частота вращения коленчатого вала двигателя меньше порогового значения, на выводе *X1* штекерного разъема имеется напряжение, приблизительно равное напряжению в бортовой сети и электромагнитный клапан *YA* при любом положении дроссельной заслонки находится во включенном состоянии. Под действием разрежения во впускном трубопроводе, подводимого к игле ЭПХХ через включенный электромагнитный клапан, игла отжимается и открывает доступ топлива в канал системы холостого хода.

Когда частота вращения коленчатого вала двигателя равна или выше порогового значения, напряжение на выходе блока управления снижается до нуля. Если при этом дроссельная заслонка полностью закрыта, обмотка электромагнитного клапана обесточивается и по цепи микровыключателя *S1*. Давление на иглу ЭПХХ не действует и она перекрывает подачу топлива. Открытие дроссельной заслонки и снижение частоты вращения коленчатого вала ниже заданного порогового значения вновь приводят к включению электромагнитного клапана и возобновлению подачи топлива.

При наличии в цепи электромагнитного клапана *YA* короткого замыкания (вывод *X1* штекерного разъема замкнут на массу) после заряда конденсатора *C7* составной транзистор *VT10*, *VT11* перейдет в состояние отсечки, что предохранит его от перегрузки. При отсутствии короткого замыкания в цепи клапана *YA* составной транзистор через переход эмиттер—коллектор транзистора *VT11* и через резистор *R21* на базу транзистора *VT9* подается напряжение бортовой сети, чем обеспечивается самоблокирование схемы. Находящийся в открытом состоянии составной транзистор *VT10*, *VT11* соединяет вывод *X1* ште-

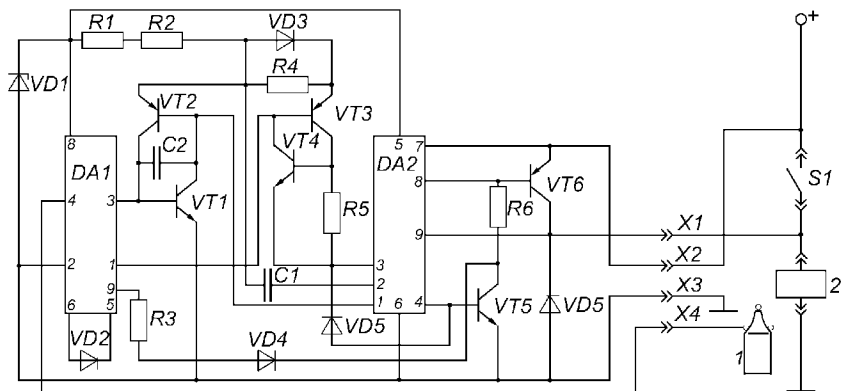


Рис. 7.8. Схема блока управления ЭПХХ 25.3761 на микросхемах K425HK2 (DA1) и K425HK1 (DA2)

кernого разъема с выводом "+" (вывод X2) блока управления, обеспечивая срабатывание электромагнитного клапана.

Схема блока управления ЭПХХ 25.3761, собранного на микросхемах K425HK2 и K425HK1, приведена на рис. 7.8.

В блок управления ЭПХХ 50.3761 (рис. 7.9) входной сигнал с первичной обмотки катушки зажигания подается на вывод "4" микросхемы DA1. На выводе "3" микросхемы DA1 формируются импульсы постоянной длительности, частота повторения которых соответствует

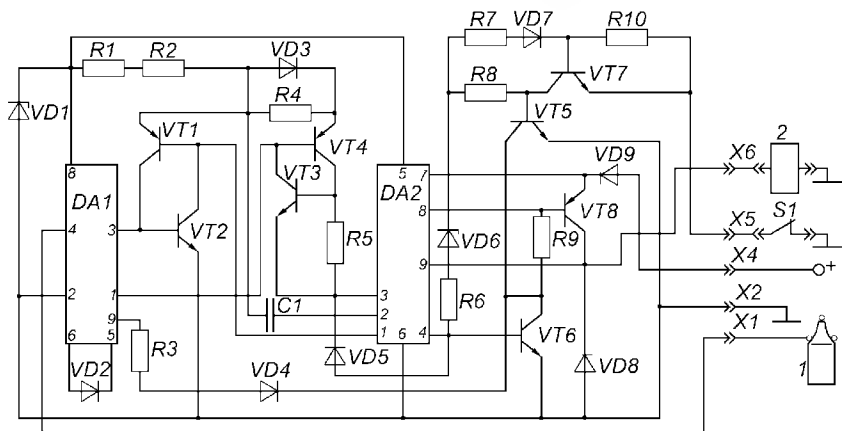


Рис. 7.9. Схема блока управления ЭПХХ 50.3761

частоте входных сигналов от катушки зажигания. На транзисторах *VT1* и *VT2* построен ключ, который во время действия импульса на входе микросхемы *DA1* разряжает времязадающий конденсатор *C1*. В паузе между импульсами конденсатор *C1* заряжается через резисторы *R1* и *R2*. Максимальное напряжение, до которого заряжается конденсатор *C1*, увеличивается с уменьшением частоты сигнала.

На транзисторах *VT3* и *VT4* построен пороговый элемент (компаратор). Когда напряжение на конденсаторе *C1* превысит опорное напряжение, равное примерно 8 В, транзисторы открываются.

Таким образом, при уменьшении частоты входного сигнала ниже порогового значения конденсатор *C1* успевает зарядиться до напряжения, превышающего опорное напряжение порогового элемента. Транзисторы *VT3* и *VT4* открываются и через микросхему *DA2* на базу транзистора *VT6* подается сигнал, который его открывает. На электромагнитный клапан через транзистор *VT8* подается напряжение электропитания.

При закрытой дроссельной заслонке штекер *X5* соединен с массой через контакты *S1* датчика положения дроссельной заслонки. Входное напряжение на электромагнитном клапане зависит от частоты импульсов на входе блока управления. При отключении штекера *X5* от массы (дроссельная заслонка открыта) закрывается транзистор *VT7*, а транзистор *VT5* открывается. Соответственно открывается выходной транзистор *VT8*. При этом "+" от источника электропитания будет постоянно подключен к электромагнитному клапану независимо от частоты входного сигнала.

Блок управления отключает электромагнитный клапан от бортовой сети и прерывает подачу топлива при частоте вращения коленчатого вала выше 2100 мин⁻¹ и замыкании на массу вывода *X5* штекерного разъема через микровыключатель *S1*. Напряжение на клапане появляется при уменьшении частоты вращения коленчатого вала ниже 1900 мин⁻¹.

Формирование сигналов управления электромагнитным клапаном в блоке управления ЭПХХ 1402.3733 (рис. 7.10) происходит следующим образом. Если дроссельная заслонка закрыта, с первичной обмотки катушки зажигания *K3* на вход транзисторного ключа, собранного на транзисторе *VT1*, поступают импульсы напряжения с частотой, пропорциональной частоте вращения коленчатого вала. При наличии импульса транзистор *VT1* открывается и конденсатор *C2* через него разряжается. В интервале между входными импульсами конденсатор *C2* заряжается. С уменьшением частоты вращения коленчатого

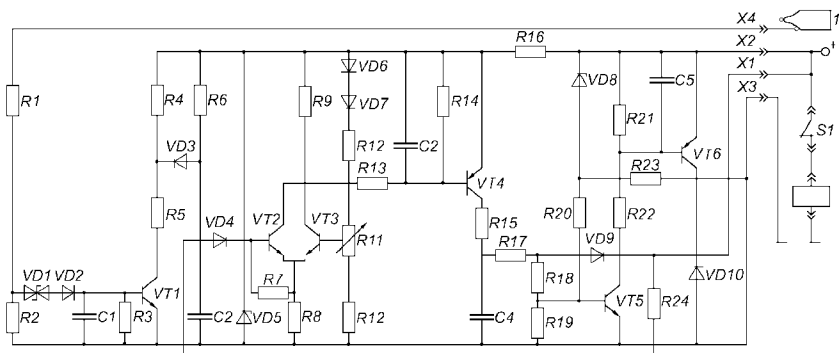


Рис. 7.10. Схема блока управления ЭПХХ 1402.3733

вала время заряда и напряжение на выводах конденсатора $C2$ увеличиваются. Когда частота вращения коленчатого вала больше порогового значения, напряжение на выводах конденсатора $C2$ мало, транзисторы $VT2$, $VT4$, $VT5$, $VT6$ закрыты, и напряжение на электромагнитный клапан не подается. Клапан закрывается. Подача топлива в двигатель прекращается.

Когда частота вращения коленчатого вала меньше пороговой, конденсатор $C2$ в интервале между импульсами успевает зарядиться до напряжения, превышающего опорное напряжение компаратора, собранного на транзисторах $VT2$, $VT4$. Транзисторы $VT2$, $VT4$ переходят в открытое состояние и открывают транзисторы $VT5$ и $VT6$. Через переход эмиттер–коллектор транзистора $VT6$ напряжение бортовой сети подводится к электромагнитному клапану. Клапан срабатывает и обеспечивает возобновление подачи топлива.

При нажатии на педаль подачи топлива контакты микровыключателя $S1$ замыкаются и электромагнитный клапан будет постоянно подключен к бортовой сети независимо от сигналов блока управления, т.е. независимо от частоты вращения коленчатого вала.

7.2.3. САУ ЭПХХ грузовых автомобилей

На грузовых автомобилях применяются САУ ЭПХХ с ограничителем и без ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя.

САУ ЭПХХ грузовых автомобилей без ограничителя максимальной частоты вращения состоит из электронного блока управления,

двух электромагнитных клапанов (по числу камер карбюратора) и неподвижного контакта. При включении электромагнитных клапанов, расположенных на карбюраторе, подача топлива в каналы системы холостого хода полностью прекращается.

САУ ЭПХХ перекрывает подачу топлива, если одновременно выполняются три условия:

- температура охлаждающей жидкости двигателя выше 65°C ;
- дроссельная заслонка закрыта (педаль подачи топлива отпущена);
- частота вращения коленчатого вала двигателя превышает 1000 мин^{-1} .

САУ ЭПХХ без ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала приведена на рис. 7.11. От датчика температуры подается сигнал на вывод $X2$. Цепь неподвижного контакта $S1$ замкнута, если дроссельная заслонка полностью закрыта. При любом другом положении дроссельной заслонки цепь разомкнута.

Импульсы напряжения, частота следования которых пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя, поступают от коммутатора системы зажигания и через резисторы $R1$, $R6$ и диод $VD1$ заряжают конденсатор $C2$. Во время заряда конденсатора $C2$ транзистор $VT3$ открыт. Через открытый переход коллектор—эмиттер транзистора $VT3$ разряжается конденсатор $C5$. Заряд конденсатора $C5$ осуществляется через резисторы $R8$ и $R9$ в интервале между импульсами напряжения от системы зажигания, когда транзистор $VT3$ закрыт.

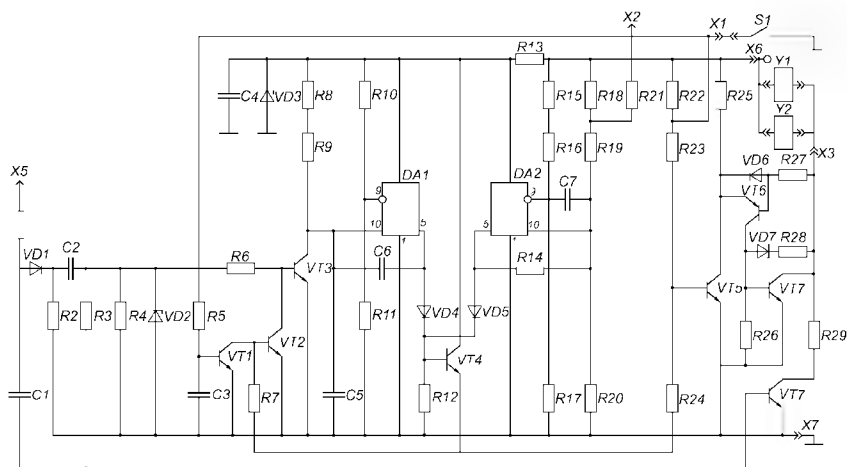


Рис. 7.11. САУ ЭПХХ без ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя

Транзистор *VT3*, конденсатор *C5* и резисторы *R8*, *R9* преобразуют частоту следования импульсов в напряжение. Напряжение на выводах конденсатора *C5* возрастает с увеличением временного интервала между импульсами напряжения, поступающими от системы зажигания, и будет тем больше, чем меньше частота следования импульсов и, следовательно, частота вращения коленчатого вала двигателя.

Напряжение с выводов конденсатора *C5* подается на неинвертирующий вход *10* компаратора *DA1*, собранного на микросхеме К140УД1А. На инвертирующий вход *9* компаратора с делителя *R10*, *R11* подается опорное напряжение, составляющее только часть напряжения бортовой сети. Опорное напряжение поддерживается постоянным с помощью стабилитрона *VD3*. Если напряжение на неинвертирующем входе компаратора превышает опорное напряжение на инвертирующем входе, на выходе компаратора появляется положительный потенциал, открывающий транзистор *VT4*.

Напряжение на конденсаторе *C5* выше опорного напряжения, когда частота вращения коленчатого вала ниже заданного порогового значения. Настройка блока управления на заданное пороговое значение частоты вращения коленчатого вала осуществляется подбором резисторов *R8* и *R9*.

На неинвертирующий вход *10* второго компаратора *DA2*, также собранного на микросхеме К140УД1А, подводится сигнал от датчика температуры охлаждающей жидкости. Опорное напряжение с делителя *R15*—*R17* подается на инвертирующий вход *9*. Если температура охлаждающей жидкости опускается ниже 65 °С, напряжение на неинвертирующем входе *10* компаратора превышает опорное напряжение и на выходе компаратора *DA2* появляется положительный потенциал, который открывает транзистор *VT4*. На транзисторе *VT4* реализуется схема "ИЛИ". Он открыт, если к его базе подводится напряжение от компараторов *DA1* или *DA2*, или от обоих компараторов одновременно.

Когда транзистор *VT4* открыт, через резистор *R24* ток поступает к переходу база—эмиттер транзистора *VT5*, который открывается и шунтирует усилитель на транзисторах *VT6*, *VT7*, управляющий электромагнитными клапанами. В открытом состоянии транзисторы *VT4* и *VT5* препятствуют включению электромагнитных клапанов.

Транзисторы *VT2* и *VT3* обеспечивают самоблокирование транзистора *VT4*. Проходящий через открытый транзистор *VT4* и резистор *R7* ток открывает транзистор *VT2*. Транзистор *VT2* шунтирует переход эмиттер—база транзистора *VT3*, который закрывается и делает компаратор *DA1* невосприимчивым к импульсам системы зажигания.

Транзистор *VT4* самоблокируется только при замкнутой цепи неподвижного контакта *S1*. Если же эта цепь размыкается, то транзистор *VT4* разблокируется. Через резистор *R22* переход база—эмиттер транзистора *VT1* смещается в прямом направлении. Транзистор *VT1* открывается, транзистор *VT2* закрывается, и транзистор *VT3* может воспринимать импульсы от системы зажигания.

При разомкнутой цепи неподвижного контакта *S1* транзистор *VT5* находится в открытом состоянии под действием тока, проходящего через резисторы *R22* и *R23*, и препятствует включению электромагнитных клапанов. Если дроссельная заслонка закрывается, цепь неподвижного контакта *S1* замыкается, база транзистора *VT5* через резистор *R23* и выход *X1* штекерного разъема соединяется с массой, что приводит к его закрытию.

Когда частота вращения коленчатого вала выше порогового значения, температура охлаждающей жидкости двигателя выше 65 °С и дроссельная заслонка закрыта, транзисторы *VT4* и *VT5* находятся в закрытом состоянии. При первом же положительном импульсе от системы зажигания открываются транзистор *VT8* и за ним транзисторы *VT6* и *VT7*. Обмотки электромагнитных клапанов подключаются к бортовой сети через переход эмиттер—коллектор транзистора *VT7* и подача топлива прекращается. Ток базы транзистора *VT6* протекает через эмиттер—коллекторный переход транзистора *VT7* и схема включения электромагнитных клапанов самоблокируется. Клапаны остаются во включенном состоянии, даже если транзистор *VT8* закрылся после прекращения заряда конденсатора *C1*.

Открытие дроссельной заслонки или уменьшение частоты вращения коленчатого вала двигателя приводит к открытию транзистора *VT5*, запираанию транзисторов *VT6*, *VT7* и отключению питания электромагнитных клапанов. Подача топлива по каналам системы холостого хода карбюратора возобновляется.

Электронный блок управления имеет автоматическую защиту от аварийных режимов и опасных для него внешних воздействий. Стабилитрон *VD3* совместно с резистором *R13* и конденсатором *C4* поддерживает напряжение питания блока постоянным и защищает компараторы от перенапряжений. Конденсатор *C7* и резистор *R18* защищают вход *I0* компаратора *DA2* от перенапряжений и аварийного режима, возникающего при обрыве провода, идущего от датчика температуры к выводу *X2* блока управления. Диод *VD6* защищает транзистор *VT6* от обратного напряжения, стабилитрон *VD7* с резистором *R28* защищает транзисторы *VT6* и *VT7* от импульсов перенапряжений,

стабилитрон *VD2* обеспечивает защиту от перенапряжений по цепи подачи сигнала от системы зажигания. Защиту от ложных срабатываний при "дребезге" контактов прерывателя системы зажигания обеспечивают конденсатор *C2* и резистор *R2*.

При коротком замыкании в цепи питания электромагнитных клапанов шунтируется переход база—эмиттер транзистора *VT6*, транзисторы *VT6* и *VT7* закрываются, что обеспечивает защиту транзистора *VT7* от перегрузки.

САУ ЭПХХ с ограничителем максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя (рис. 7.12) также состоит из блока управления, двух электромагнитных клапанов и неподвижного контакта. Электромагнитные клапаны через выходные транзисторы *VT10*, *VT11* соединяются с выводом "+" (рис. 7.10) блока управления.

Один интервал между сигналами, поступающими от коммутатора системы зажигания, используется для заряда времязадающего конденсатора *C4*, а последующая пауза — для его полного разряда. Далее процесс повторяется. Частота вращения коленчатого вала определяется как средняя за два его оборота, что соответствует прохождению в блок управления восьми импульсов.

Каналы управления ЭПХХ и ограничения максимальной частоты вращения коленчатого вала аналогичны по своему схемному решению и работают следующим образом.

Сигналы от системы зажигания подводятся к выводу *X5* и далее через формирователь импульсов *VD1*, *R4*, *R9*, *R11*, *R14*, *C1*, *VT2* поступают на счетные входы с делителей частоты *DD1.2* и *DD2.2*. С выхода *11* делителя *DD2.2* с уменьшенной вдвое частотой отпирающие и запирающие сигналы, действующие попеременно, через резистор *R19* подаются на базу транзистора *VT3*. Запирающий импульс соответствует отсутствию напряжения на выходе *11* делителя *DD2.2*. При запирающем импульсе конденсатор *C4* заряжается через резисторы *R16*, *R17*, *R18*. Чем меньше частота вращения коленчатого вала двигателя, тем больше временной интервал между двумя следующими друг за другом импульсами от системы зажигания и выше напряжение заряда конденсатора *C4*. Таким образом, реализуется преобразование частоты следования импульсов в напряжение заряда конденсатора *C4*.

Напряжение с конденсатора *C4* через согласующий повторитель *DA1.1* подается на входы компараторов *DA1.3*, *DA1.4*, где сравнивается с опорным напряжением, формируемым делителем напряжения на резисторах *R20*, *R21* и *R22*.

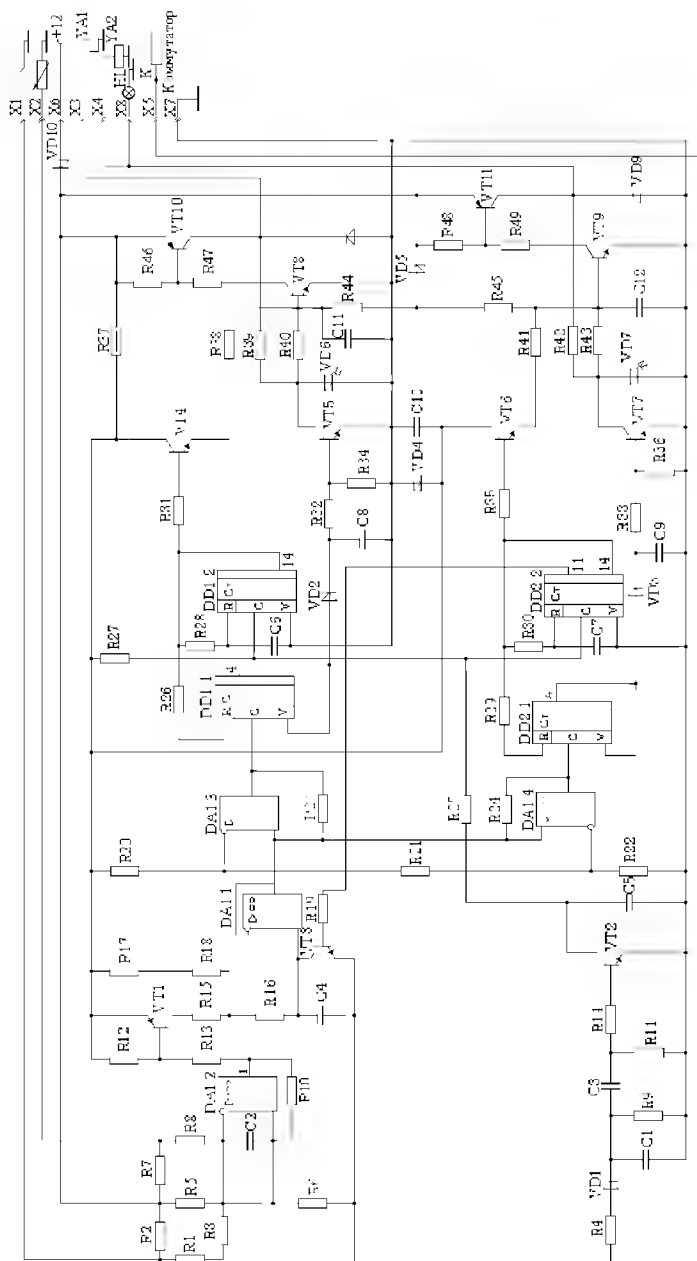


Рис. 7.12. САУ ЭПХХ с ограничителем максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя

Опорное напряжение на компараторе *DA1.3* в канале управления ЭПХХ соответствует настройке ЭПХХ на пороговую частоту вращения коленчатого вала 1000 мин⁻¹. Опорное напряжение на компараторе *DA1.4* обеспечивает срабатывание ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала при пороговом значении 3200 мин⁻¹. Если напряжение конденсатора *C4* больше опорного, то на выходах компараторов *DA1.3* или *DA1.4* и, следовательно, на счетных входах *C* счетчиков *DD1.1* или *DD2.1* появляется импульс напряжения.

С выходов *I4* деления частоты на восемь *DD1.2* и *DD2.2* подается сигнал на входы *R* счетчиков *DD1.1*, *DD1.2* и *DD2.1*, *DD2.2*. Это обеспечивает сбрасывание показаний счетчиков до исходных после прохождения восьми импульсов от системы зажигания. Таким образом задается время измерения частоты вращения коленчатого вала, соответствующее его повороту на два оборота. Если частота вращения коленчатого вала двигателя меньше пороговой частоты срабатывания ограничителя максимальной частоты вращения, на выходе *4* счетчика *DD2.1* появится напряжение, которое через диод *VD3* и резистор *R33* подается на базу транзистора *VT7*. Транзистор *VT7* шунтирует переход база—эмиттер транзистора *VT9*, предотвращая возможность перехода транзисторов *VT9* и *VT11* в открытое состояние, включения электромагнитных клапанов и прекращения подачи топлива.

Конденсатор *C9* некоторое время удерживает транзисторы *VT9* и *VT11* в закрытом состоянии. Временная задержка транзисторов *VT9* и *VT11* в закрытом состоянии превышает продолжительность импульса с вывода *I4* делителя *DD2.2*, открывающего транзисторы *VT9* и *VT11*. Этот импульс появляется при очередном сбросе делителя *DD2.2* частоты в исходное состояние и проходит к транзисторам *VT9* и *VT11* по цепочке *R35*, *VT6* и *R41*.

Когда частота вращения коленчатого вала выше порогового значения, сигналы на выходах *DA1.4* и *DD2.1* отсутствуют. Транзистор *VT7* закрыт. По первому сигналу с выхода делителя *DD2.2* транзисторы *VT6*, *VT9*, *VT11* перейдут в открытое состояние и электромагнитные клапаны перекроют подачу топлива. Система ограничения максимальной частоты вращения коленчатого вала через резисторы *R42* и *R43* самоблокируется и электромагнитные клапаны будут находиться во включенном состоянии до тех пор, пока частота вращения не уменьшится и с вывода *4* делителя *DD2.1* не поступит сигнал на открытие транзистора *VT7*.

Система управления ЭПХХ с компаратором *DA1.3*, счетчиками *DD1.1*, *DD1.2* и транзисторами *VT4*, *VT5*, *VT8*, *VT10* работает аналогично, однако дополнительными условиями прекращения подачи топлива этой системой являются увеличение температуры охлаждающей жидкости свыше 65 °С и закрытие дроссельной заслонки. Наличие указанных условий выявляет компаратор *DA1.2*, анализируя информацию, поступающую от неподвижного контакта *SQ* и датчика температуры через выводы *X1* и *X2* штекерного разъема блока управления. Неподвижный контакт *SQ* при закрытой дроссельной заслонке соединяет вывод *X1* блока управления с массой. При выполнении этих условий на выходе *1* компаратора *DA1.2* появляется сигнал, который переводит транзистор *VT1* в закрытое состояние. Если эти условия не выполняются, транзистор *VT1* открыт и заряд конденсатора *C4* осуществляется через параллельно соединенные резисторы *R15* и *R17*, *R18*. Постоянная времени цепи заряда конденсатора *C4* уменьшается, а возможность срабатывания электромагнитных клапанов блокируется транзистором *VT7*, находящимся в открытом состоянии.

Для снижения автоколебаний электромагнитные клапаны в системах управления ЭПХХ и ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала срабатывают не одновременно, а с некоторым сдвигом по частоте вращения коленчатого вала двигателя. О срабатывании электромагнитных клапанов сигнализируют контрольная лампа, подключенная параллельно клапану *YA2* через выход *X8* штекерного разъема, и свечение светодиодов *VD6*, *VD7*, которое просматривается через прозрачный пластмассовый корпус блока управления. В схеме предусмотрена автоматическая защита от коротких замыканий и перенапряжений в цепи электроснабжения.

7.2.4. Микропроцессорная система управления зажиганием и ЭПХХ

В микропроцессорной системе управления ЭПХХ и зажиганием на вход контроллера 8 (рис. 7.13) поступают сигналы от датчиков частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры охлаждающей жидкости и положения дроссельной заслонки, а также от датчика нагрузки в контроллере, в котором создается вакуум. Контроллер на выходе формирует сигнал управления клапанами ЭПХХ.

При частоте вращения коленчатого вала двигателя более 1100 мин⁻¹, температуре охлаждающей жидкости более 60 °С, полностью прикры-

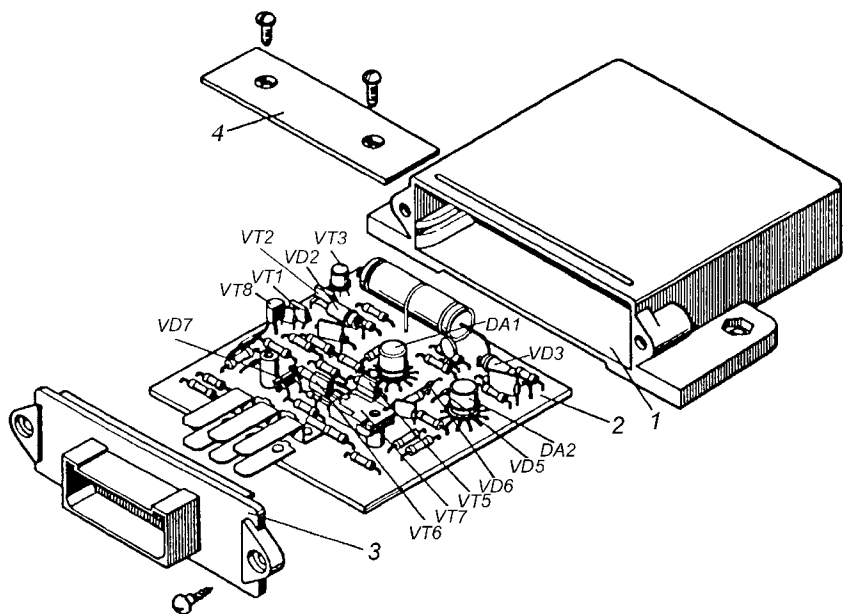


Рис. 7.14. Блок управления ЭПХХ:

1 — пластмассовый корпус; 2 — печатная плата; 3 — крышка; 4 — пластина-теплоотвод

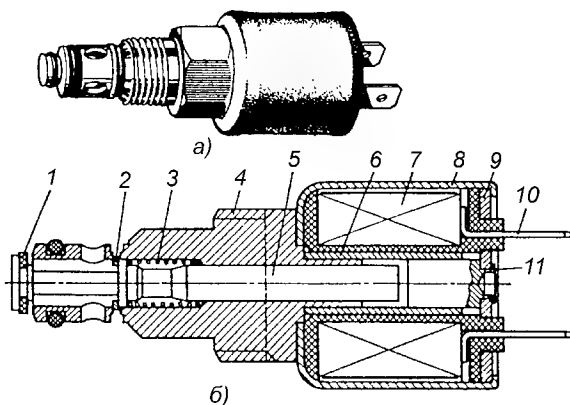


Рис. 7.15. Электромагнитный клапан:

а — внешний вид; б — устройство; 1 — запорное кольцо; 2 — стопорное кольцо; 3 — пружина; 4 — корпус; 5 — якорь; 6 — втулка; 7 — катушка электромагнита; 8 — кожух; 9 — крышка; 10 — штекер; 11 — магнитопровод

выполнен неразборным. Клапан герметичен, что препятствует попаданию влаги в его внутреннюю полость. При подаче напряжения на катушку 7 электромагнита якорь 5 притягивается к магнитопроводу 11, и запорное кольцо 1 перекрывает доступ топлива по каналу системы холостого хода карбюратора. При отключении от источника питания якорь возвращается в исходное состояние под действием пружины 3.

7.3. КАРБЮРАТОРЫ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Примером карбюратора с электронным управлением является система "Ecotronic" (рис. 7.16) — устройство, сохраняющее стехиометрический состав топливовоздушной смеси (коэффициент избытка воздуха $\alpha = 7$) на рабочих режимах, обеспечивающее оптимальный состав топливовоздушной смеси на режимах пуска, прогрева двигателя, отключения подачи топлива на принудительном холостом ходу, а

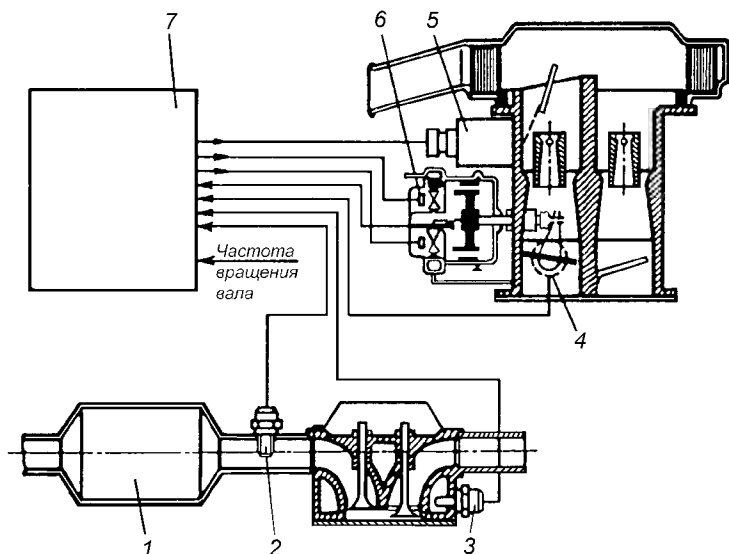


Рис. 7.16. Карбюратор с электронным управлением системы "Ecotronic":
 1 — трехкомпонентный каталитический нейтрализатор; 2 — датчик кислорода; 3, 4 — датчики соответственно температуры и положения дроссельной заслонки; 5 — привод воздушной заслонки; 6 — электропневматический привод дроссельной заслонки первичной камеры; 7 — блок управления

также поддержание заданной частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода.

Система "Ecotronic" осуществляет согласованное управление дроссельной и воздушной заслонками. При пуске установочное устройство приоткрывает дроссельную заслонку на угол, при котором обеспечивается максимальное значение частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода. Воздушная заслонка закрывается до положения, обеспечивающего холодный пуск двигателя. После пуска двигателя дроссельная заслонка автоматически устанавливается в положение, которое зависит от температуры охлаждающей жидкости. По мере прогрева установочные устройства постепенно закрывают дроссельную заслонку и открывают воздушную.

В режиме принудительного холостого хода дроссельная заслонка закрывается в большей степени по сравнению с нормальным положением при данной температуре охлаждающей жидкости. Образование топливовоздушной смеси прекращается. При появлении нагрузки на двигатель дроссельную заслонку приоткрывают до положения, при котором подача топливовоздушной смеси в цилиндры возобновляется. По такому же принципу обеспечивается прекращение подачи топливовоздушной смеси при калильном зажигании после выключения зажигания.

Для поддержания стехиометрического состава топливовоздушной смеси используется сигнал датчика кислорода (λ -зонда), который устанавливается в выпускном трубопроводе. Установочное устройство изменяет положение воздушной заслонки. Воздушная заслонка приоткрывается, если при работе двигателя на обогащенной топливовоздушной смеси датчик кислорода фиксирует отсутствие свободного кислорода в отработавших газах двигателя. Блок управления (ЭБУ), представляющий собой микропроцессор с ПЗУ, имеет устройства ввода информации, синтеза информации, вывода команд управления. Аналоговая информация от датчика положения дроссельной заслонки и датчика кислорода преобразуется в цифровую. Частота вращения коленчатого вала определяется путем преобразования временного интервала между двумя последовательными импульсами системы зажигания. В ПЗУ записаны данные опорных точек для установочных устройств положения воздушной и дроссельной заслонок, частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости.

После обработки информации выходные сигналы усиливаются и подаются на исполнительные механизмы. Система "Ecotronic" получает питание от бортовой сети автомобиля.

Применение карбюраторов с электронным управлением позволяет поддерживать оптимальный состав топливовоздушной смеси и оптимальное наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя, повысить топливную экономичность и уменьшить содержание токсичных веществ в отработавших газах, повысить надежность системы топливоподачи, а также облегчить техническое обслуживание в эксплуатации. Однако система не полностью адаптируется к режимам работы двигателя.

7.4. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ВПРЫСКА ТОПЛИВА

7.4.1. Классификация систем впрыска топлива

Применение систем впрыска топлива взамен традиционных карбюраторов обеспечивает повышение топливной экономичности и снижение токсичности отработавших газов. Однако следует отметить, что системы впрыска топлива сложнее систем топливоподачи с использованием карбюраторов из-за большего числа подвижных

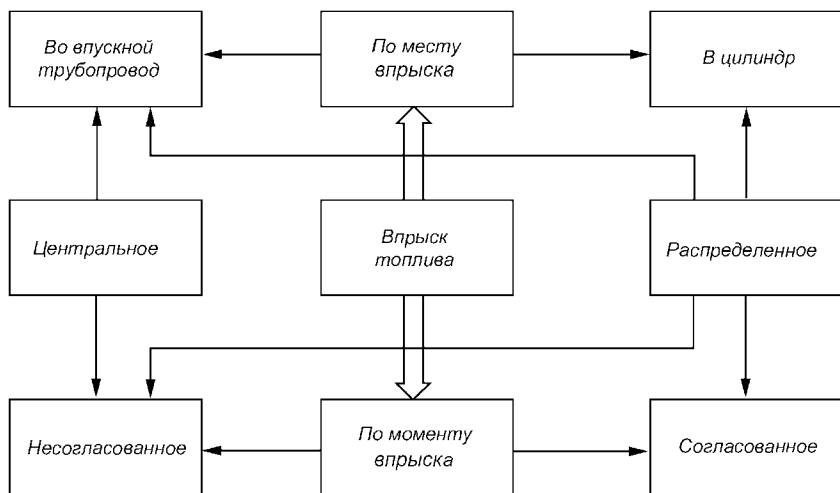


Рис. 7.17. Классификация способов впрыска топлива

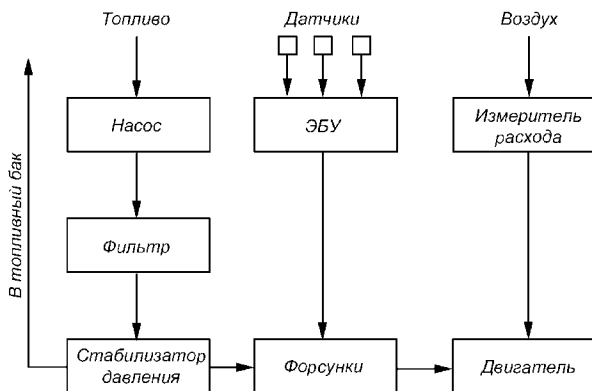


Рис. 7.18. Структурная схема системы впрыска топлива с программным управлением

прецизионных механических элементов и электронных устройств и требуют более квалифицированного технического обслуживания в эксплуатации.

По мере развития систем впрыска топлива на автомобили устанавливались механические, электронные, аналоговые, цифровые и микропроцессорные системы. К настоящему времени структурные схемы систем впрыска топлива в основном стабилизировались. Классификация способов впрыска топлива приведена на рис. 7.17.

Электронное управление дозированием топлива может быть реализовано системой впрыска топлива с программным управлением (рис. 7.18).

Датчики 9, 11–14 (рис. 7.19) системы преобразуют неэлектрические параметры, характеризующие режимы работы двигателя в электрические сигналы. Сигналы датчиков поступают в блок синтеза информации БСИ, который обрабатывает информацию и подает управляющие команды на исполнительные устройства дозирования топлива.

В системах управления с дискретным дозированием топлива при постоянном перепаде давления перед форсункой и в пространстве, куда топливо впрыскивается, цикловой расход топлива зависит только от продолжительности открытия клапана форсунки. Следовательно, в таких системах задача электронного управления топливоподачей сводится к формированию командного импульса определенной длительности.

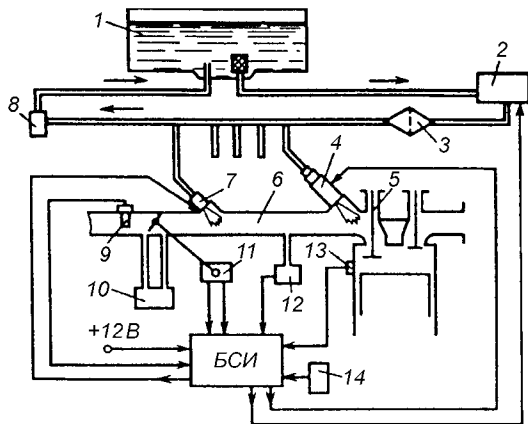


Рис. 7.19. Схема системы впрыска топлива с программным управлением:

1 топливный бак; 2 топливный насос с электроприводом; 3 топливный фильтр; 4, 7 форсунки; 5 впускной клапан; 6 впускной трубопровод; 8 стабилизатор давления топлива; 9, 13 датчики температуры соответственно воздуха и охлаждающей жидкости; 10 перепускной клапан регулирования подачи воздуха при пуске и прогреве двигателя; 11 датчик положения и скорости открытия дроссельной заслонки; 12 датчик абсолютного давления во впускном трубопроводе; 14 датчик частоты вращения коленчатого вала

7.4.2. Система центрального впрыска топлива

При центральном впрыске топливо подается одной форсункой, устанавливаемой на участке до разветвления впускного трубопровода. Существенных изменений в конструкции двигателя нет. Система центрального впрыска практически взаимозаменяема с карбюратором и может применяться на уже эксплуатируемых двигателях. При центральном впрыске обеспечиваются большая точность и стабильность дозирования топлива. Особенно эффективна с точки зрения повышения топливной экономичности система центрального впрыска топлива в сочетании с цифровой системой зажигания. Конструкция данной системы существенно проще по сравнению с системой распределенного впрыска.

Система центрального впрыска топлива (рис. 7.20) включает электронный блок управления 6 на базе микропроцессора, смесительную камеру с дроссельной заслонкой 17, форсунки 16, стабилизатор давления, топливный насос 2 с электроприводом, топливный фильтр 3, датчик 8 температуры охлаждающей жидкости, регулятор 11 системы хо-

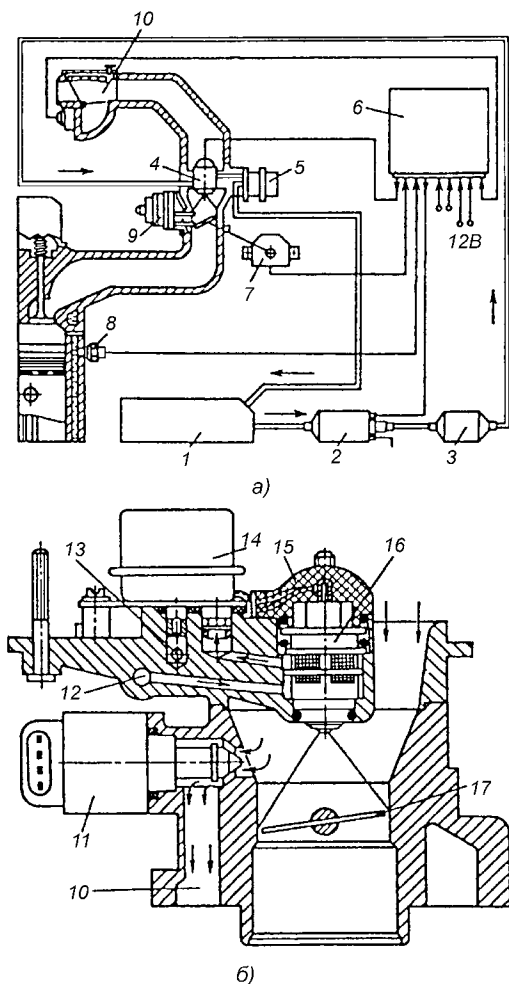


Рис. 7.20. Система центрального впрыска топлива:

а — общая схема системы; *б* — вариант дроссельного пагтрубка со стабилизатором давления и перепуском воздуха для автоматического регулирования частоты вращения вала двигателя на режиме холостого хода; 1 — топливный бак; 2 — топливный насос; 3 — фильтр; 4 — форсунка; 5 — стабилизатор давления; 6 — электронный блок управления; 7, 8 — датчики соответственно положения дроссельной заслонки и гемпературы охлаждающей жидкости; 9 — корпус смесительной камеры; 10 — канал холостого хода; 11 — регулятор системы холостого хода; 12 — подводящий топливный канал; 13 — канал отвода топлива от стабилизатора давления; 14 — стабилизатор давления топлива; 15 — штекер электроснабжения форсунки; 16 — форсунка; 17 — дроссельная заслонка

лостого хода. Действие регулятора основано на изменении положения дроссельной заслонки или перепуске воздуха в обход дроссельной заслонки. После обработки информации от датчика частоты вращения коленчатого вала микропроцессор формирует управляющий сигнал, подаваемый на исполнительное устройство, в качестве которого может быть использован шаговый электродвигатель. Дискретный электродвигатель воздействует на дроссельную заслонку или на клапан обводного канала. Как правило, все системы центрального впрыска топлива имеют датчик кислорода, позволяющий адаптивно поддерживать стехиометрический состав топливовоздушной смеси.

Форсунка с электромагнитным управлением расположена в зоне дроссельной заслонки. Топливо форсункой подается дискретно. Частота впрыска топлива синхронизирована с частотой вращения коленчатого вала двигателя. Основным командным параметром, обеспечивающим оптимальное дозирование топлива, является цикловой расход воздуха. Программа дозирования топлива корректируется в соответствии с информацией, получаемой от датчиков температуры, положения и скорости перемещения дроссельной заслонки.

7.4.3. Системы распределенного впрыска топлива

При распределенном впрыске топливо подается в зону впускных клапанов каждого цилиндра группами форсунок без согласования момента впрыска с процессами впуска каждого цилиндра (несогласованный впрыск) или каждой форсункой в определенный момент времени, согласованный с открытием соответствующих впускных клапанов цилиндров (согласованный впрыск). Системы распределенного впрыска топлива позволяют повысить приемистость автомобиля, надежность пуска, ускорить прогрев и увеличить мощность двигателя.

При распределенном впрыске топлива появляется возможность применения газодинамического наддува, а также возможно применить различные конструкции впускного трубопровода. Однако у таких систем по сравнению с центральным впрыском больше погрешность дозирования топлива из-за малых цикловых подач. Идентичность составов топливовоздушной смеси по цилиндрам в большей степени зависит от неравномерности дозирования топлива форсунками, чем от конструкции впускной системы.

На рис. 7.21 показана система распределенного впрыска топлива "L-Jetronic". Электрический топливный насос 2 подает топливо из бака 1 через фильтр 3 в распределительную магистраль, в которой с

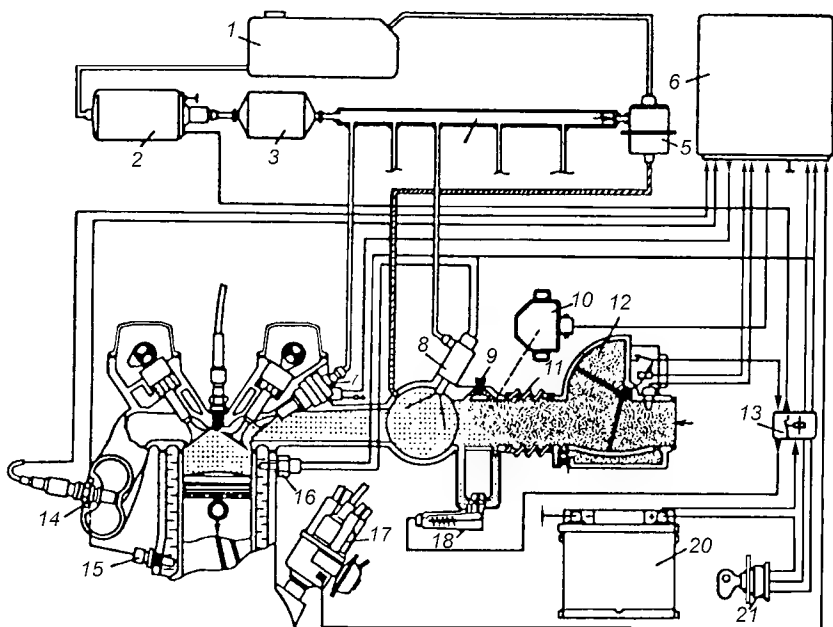


Рис. 7.21. Система распределенного впрыска топлива "L-Jetronic":

1 — топливный бак; 2 — насос; 3 — фильтр; 4 — топливный коллектор; 5 — стабилизатор перепада давления; 6 — электронный блок управления; 7 — форсунка с электромагнитным управлением; 8 — пусковая форсунка; 9 — винт регулирования частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу; 10 — датчик положения дроссельной заслонки; 11 — дроссельная заслонка; 12 — измеритель расхода воздуха; 13 — реле; 14 — датчик кислорода; 15, 16, 17 — датчики; 18 — регулятор частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу; 19 — винт измерителя расхода воздуха; 20 — аккумуляторная батарея; 21 — выключатель зажигания и системы впрыска

помощью стабилизатора 5 поддерживается постоянный перепад давления на входе и выходе топлива из форсунок 7. Стабилизатор перепада давления поддерживает постоянным давление впрыска и обеспечивает возврат избыточного топлива обратно в бак. Этим обеспечивается циркуляция топлива в системе и исключается образование паровых пробок. Из распределительной магистрали топливо поступает к рабочим форсункам, которые подают его в зону впускных клапанов. Количество впрыскиваемого топлива задается электронным блоком 6 управления в зависимости от температуры, давления и объема поступающего воздуха, частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Учитывается также температура охлаждающей жидкости.

Объем поступающего воздуха является основным параметром, определяющим дозирование топлива. Воздух поступает в цилиндры через измеритель *12* расхода воздуха и впускной трубопровод. Воздушный поток, поступающий в двигатель, отклоняет заслонку измерителя расхода воздуха на определенный угол. С помощью потенциометра электрический сигнал, пропорциональный углу поворота заслонки, подается в блок управления, который определяет необходимое количество топлива и выдает на электромагнитные клапаны импульсы управления моментом впрыска топлива. Электроснабжение электронной системы управления дозированием топлива осуществляется от аккумуляторной батареи *20*. Электронный блок *6* управления начинает работать при включении зажигания.

Независимо от положения впускных клапанов форсунки впрыскивают топливо за один или два оборота коленчатого вала двигателя. Если впускной клапан в момент впрыска топлива форсункой закрыт, топливо накапливается в пространстве перед клапаном и поступает в цилиндр при следующем его открытии одновременно с воздухом. Схема расположения форсунки при впрыске топлива в зону впускного клапана показана на рис. 7.22.

Количество поступающего к цилиндрам двигателя воздуха регулируется дроссельной заслонкой *11* (см. рис. 7.21), управляемой водителем. В системе предусмотрен регулятор расхода воздуха на холостом ходу (регулятор *18* частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу), расположенный около дроссельной заслонки. Он обеспечивает дополнительную подачу воздуха при холодном пуске и прогреве двига-

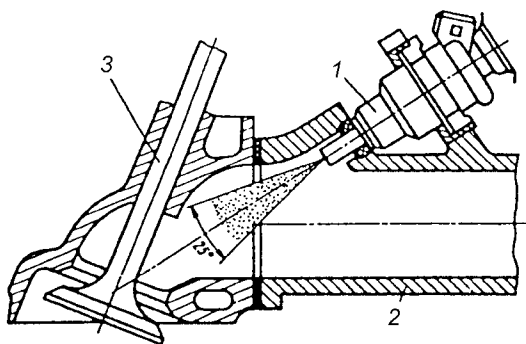


Рис. 7.22. Схема расположения форсунки при впрыске топлива в зону впускного клапана:

1 — электромагнитная форсунка; *2* — впускной трубопровод; *3* — впускной клапан

теля. По мере прогрева двигателя, начиная с температуры охлаждающей жидкости 50–70 °С, регулятор прекращает подачу дополнительного воздуха. После этого при закрытой дроссельной заслонке воздух поступает только через верхний байпасный канал, сечение которого можно изменять регулирующим винтом 9, что обеспечивает возможность регулирования частоты вращения в режиме холостого хода.

Стабилизатор 5 перепада давления поддерживает постоянное избыточное давление топлива относительно давления воздуха во впускном трубопроводе. В данном случае цикловая подача топлива форсункой 7 зависит от времени, в течение которого открыт ее клапан. Следовательно, основной принцип электронного управления впрыскиванием топлива заключается в широтной модуляции электрического импульса, управляющего форсункой при условии поддержания постоянного перепада давления топлива.

Длительность импульсов управления временем впрыска топлива форсункой корректируется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости по информации от датчика 15.

На режимах полного открытия дроссельной заслонки и разгона автомобиля необходимо обогащение топливовоздушной смеси, что обеспечивается электронным блоком 6 управления по информации от датчика 10 положения дроссельной заслонки. При открытии заслонки контактная система датчика 10 выдает импульсы, которые приводят к обогащению топливовоздушной смеси в режиме разгона автомобиля.

В датчике 10 положения дроссельной заслонки предусмотрена контактная пара, от замкнутого или разомкнутого состояния которой зависит отключение или включение топливopодачи в режиме принудительного холостого хода. Подача топлива прекращается при закрытой дроссельной заслонке, когда частота вращения коленчатого вала двигателя выше 1000 мин⁻¹, и возобновляется при снижении частоты вращения вала до 900 мин⁻¹. При этом порог отключения подачи топлива корректируется в зависимости от температурного состояния двигателя.

Для облегчения пуска холодного двигателя в системе предусмотрена дополнительная пусковая форсунка 8, продолжительность открытия которой зависит от температуры охлаждающей жидкости (датчик 16). Пусковая форсунка представляет собой электромагнитный клапан с вихревым центробежным распылителем.

Введенный в систему датчик 14 кислорода (λ -зонд) поддерживает стехиометрический состав смеси.

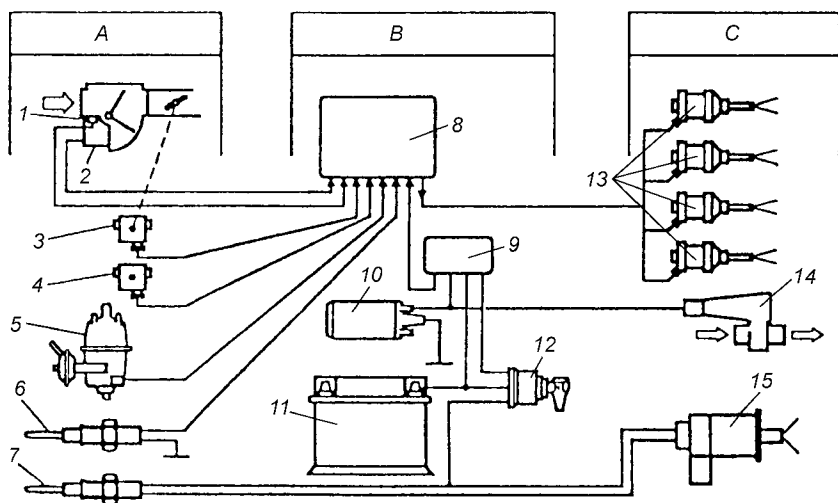


Рис. 7.23. Схема управления системой впрыска топлива "L-Jetronic":

А устройство входных параметров; *В* устройство управления и обеспечения; *С* устройство выходных параметров; 1 датчик температуры впускного воздуха; 2 расходомер воздуха; 3 выключатель положения дроссельной заслонки; 4 высотный корректор; 5 датчик-распределитель зажигания; 6 датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 термореле; 8 блок управления; 9 блок реле; 10 гопливный насос; 11 аккумуляторная батарея; 12 выключатель зажигания; 13 рабочие форсунки; 14 клапан добавочного воздуха; 15 пусковая форсунка

Схема управления системой впрыска топлива "L-Jetronic" показана на рис. 7.23.

Применение системы впрыска топлива "L-Jetronic" усложняет схему электрооборудования автомобиля. Следует отметить, что электрические схемы системы "L-Jetronic" отличаются в зависимости от модели автомобиля, установленного на нем двигателя, года выпуска автомобиля.

На рис. 7.24 приведена система впрыска топлива "LX-Jetronic", в которой расход воздуха измеряется термоанемометром. Применение термоанемометра позволяет поддерживать постоянным состав топливовоздушной смеси при изменении плотности воздуха.

Регулятор давления системы "KE-Jetronic" (рис. 7.25) обеспечивает непрерывный распределенный впрыск топлива. Дозирование топлива осуществляется по определенной программе и обеспечивается электронным блоком управления ЭБУ. К дозатору топливо подводится под постоянным перепадом давления, который поддерживается

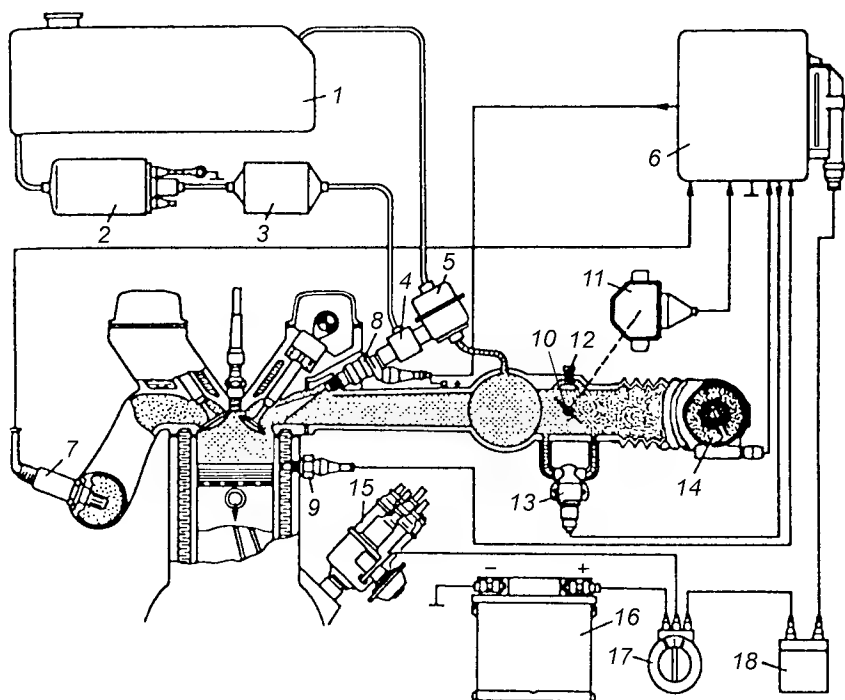


Рис. 7.24. Система впрыска топлива "LX-Jetronic":

1 — топливный бак; 2 — топливный насос; 3 — топливный фильтр; 4 — топливный коллектор; 5 — стабилизатор перепада давления; 6 — блок управления; 7 — датчик кислорода; 8 — форсунка с электромагнитным управлением; 9 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 10 — дроссельная заслонка; 11 — датчик положения дроссельной заслонки; 12 — винт ручного регулирования частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу; 13 — регулятор вращения коленчатого вала, размещенный в корпусе распределителя системы зажигания; 14 — термоанемометр; 15 — датчик частоты вращения коленчатого вала, размещенный в корпусе распределителя системы зажигания; 16 — аккумуляторная батарея; 17 — выключатель системы зажигания; 18 — реле

стабилизатором. Плунжер дозатора изменяет давление топлива, поступающего к форсункам в зависимости от расхода воздуха. Поскольку подача топлива определяется давлением на входе в форсунку, последняя имеет постоянное проходное сечение.

Программа дозирования топлива на некоторых режимах работы двигателя (пуск, прогрев, разгон, полная нагрузка) может корректироваться по сигналам электронного блока управления, который полу-

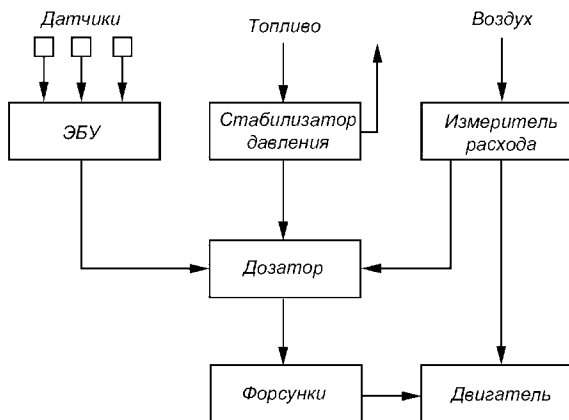


Рис. 7.25. Структурная схема системы "KE-Jetronic"

чает информацию от соответствующих датчиков. Корректор электрогидравлического типа может увеличивать или уменьшать давление топлива, устанавливаемое основным дозатором.

В системе "KE-Jetronic" топливо из бака 1 (рис. 7.26) насосом 2 через аккумулирующее устройство и фильтр 4 подается к основному дозатору 7 топлива. Стабилизатор 5 перепускает избыток топлива обратно в топливный бак 1, поддерживая постоянство давления на входе в дозатор. Аккумулирующее устройство позволяет сохранить в системе топливоподдачи остаточное давление при неработающем насосе.

Подачу топлива дозирует цилиндрический плунжер 10, кинематически связанный с диском 13 измерителя расхода воздуха. При перемещении вверх или вниз плунжер 10 открывает своей кромкой 11 каналы для прохода топлива к дифференциальным клапанам и далее по трубкам к форсункам 12, установленным около впускных клапанов цилиндров двигателя. Топливо через форсунки подается непрерывной струей (дозированных функций у форсунок нет). Основным командным параметром для дозирования топлива в данной системе является массовый расход воздуха.

Для впрыска дополнительного топлива при пуске двигателя используется пусковая электромагнитная форсунка 14. Длительность подачи топлива зависит от теплового состояния двигателя, информация о котором поступает от датчика 15.

Управление дозированием топлива с учетом различных факторов осуществляется электрогидравлическим корректором 20 и блоком

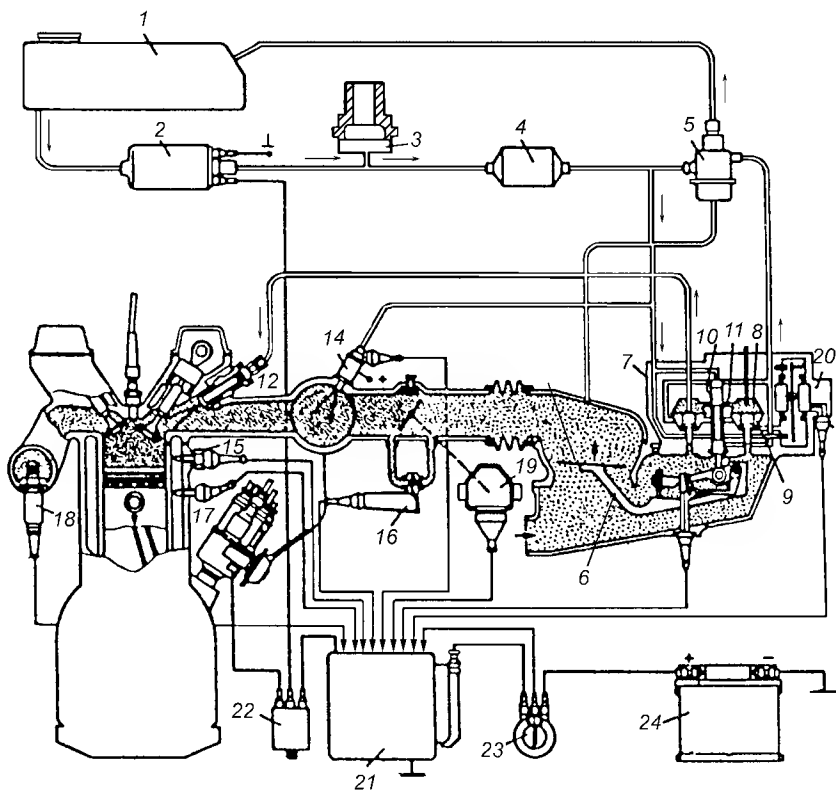


Рис. 7.26. Система впрыска топлива "KE-Jetronic":

1 — топливный бак; 2 — электрический топливный насос; 3 — гидроаккумулятор; 4 — топливный фильтр; 5 — стабилизатор перепада давления; 6 — рычаг расходомера воздуха; 7 — дозатор; 8, 9 — верхняя и нижняя топливные камеры; 10 — плунжер; 11 — кромка плунжера; 12 — рабочая форсунка; 13 — диск расходомера воздуха; 14 — пусковая форсунка; 15, 17 — датчики температуры охлаждающей жидкости; 16 — регулятор холостого хода; 18 — датчик кислорода; 19 — датчик положения дроссельной заслонки; 20 — электрогидравлический корректор; 21 — блок управления; 22 — блок реле; 23 — выключатель зажигания; 24 — аккумуляторная батарея

управления по сигналам с датчиков 15, 17, 19. Электронное управление системой "KE-Jetronic" позволяет автоматически поддерживать заданную частоту вращения коленчатого вала в режиме холостого хода, ограничивать максимальную частоту вращения коленчатого вала, работать с датчиком 18 кислорода.

7.4.4. Системы непосредственного впрыска топлива

Перспективно применение электронных систем топливоподачи с непосредственным впрыском топлива в цилиндры бензиновых двигателей. Непосредственный впрыск бензина в цилиндры производится при давлениях, на порядок меньших, чем в дизелях. Поэтому электронные системы непосредственного впрыска для бензиновых двигателей более просты.

На рис. 7.27 приведена схема аккумуляторной системы непосредственного впрыска бензина "Motronic MED7" фирмы "Бош" (Bosch), в которой давление, создаваемое топливным насосом / высокого давления (ТНВД), равно 12 МПа (микроконтроллер и его каналы связи на схеме не показаны).

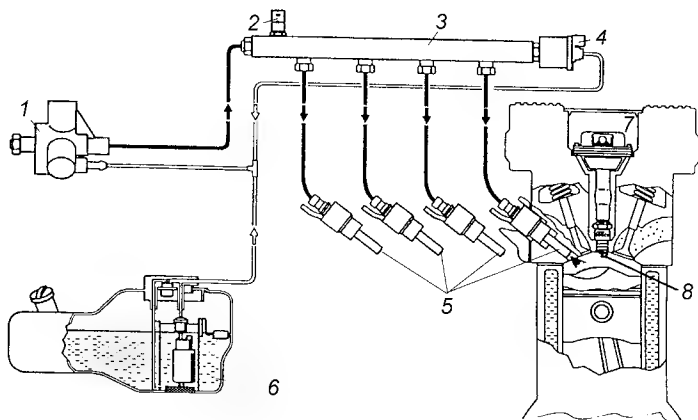


Рис. 7.27. Схема аккумуляторной системы непосредственного впрыска бензина "Motronic MED7":

1 — ТНВД; 2 — датчик давления; 3 — аккумулятор; 4 — предохранительный клапан; 5 — форсунки; 6 — топливный бак; 7 — катушка зажигания; 8 — свеча зажигания

7.5. КОМПЛЕКСНЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕНЗИНОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

7.5.1. Принцип работы комплексных систем

На автомобилях, кроме микропроцессорных систем управления зажиганием и ЭПХХ, применяются и комплексные системы управ-

ления зажиганием и впрыском топлива. Такие системы работают следующим образом. С датчиков, встроенных в двигатель, снимается информация о режиме работы двигателя: частота вращения коленчатого вала, положение коленчатого вала по углу его поворота, абсолютное давление во впускном трубопроводе, положение дроссельной заслонки, значения температуры охлаждающей жидкости, воздуха. Указанные сигналы интерфейсом блока управления преобразуются из аналоговой формы в цифровую. Затем они в цифровой форме поступают в процессор, где после соответствующей обработки сравниваются со значениями, заложенными в памяти блока управления. Процессор выдает регулирующий сигнал на исполнительные устройства. Для системы зажигания – это транзисторный коммутатор, для системы впрыска топлива – форсунки (основные и пусковые) и электробензонасос.

7.5.2. Система управления с контроллером 90.3761

Блок управления (контроллер) 90.3761 (рис. 7.28) двигателя ЗМЗ-4024.10 содержит:

аналого-цифровые преобразователи давления во впускном трубопроводе (АЦП P_k);

преобразователи температуры охлаждающей жидкости (АЦП ТЖ) и воздуха (АЦП ТВ);

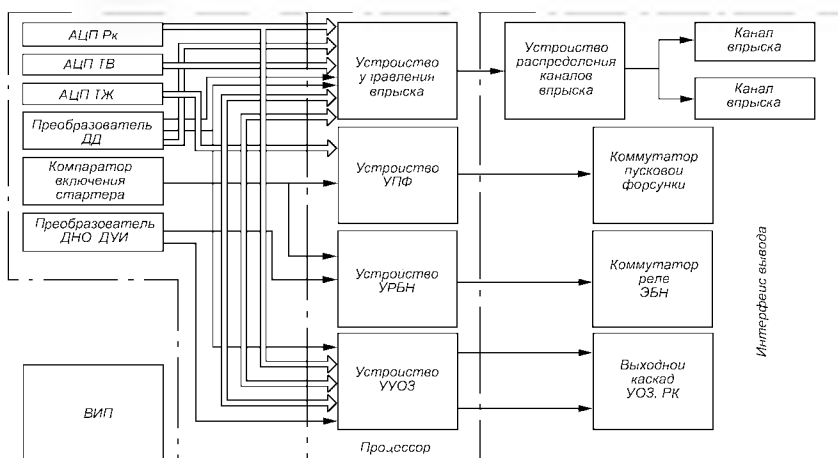


Рис. 7.28. Схема блока управления 90.3761 комплексной системы управления двигателем

преобразователь аналогового сигнала датчика положения дроссельной заслонки и изменения скорости открытия и закрытия дроссельной заслонки;

компаратор включения стартера;

преобразователь сигналов ДНО и ДУИ;

вторичный источник электроснабжения (ВИП);

устройство управления впрыском;

устройство управления пусковой форсункой;

устройство управления УОЗ (УУОЗ);

интерфейс вывода;

устройство разделения каналов впрыска;

коммутатор пусковой форсунки;

коммутатор реле электробензонасоса;

выходной каскад УОЗ и разделения каналов зажигания.

Блок управления обеспечивает следующие функции:

увеличение длительности впрыскивания топлива на 23 % при углах открытия дроссельной заслонки более $70 \pm 5^\circ$;

управление пусковой форсункой при включении стартера и температуре охлаждающей жидкости менее $+20^\circ\text{C}$;

управление реле электробензонасоса (включение реле на 2 с) при включенном зажигании и неработающем двигателе;

постоянное включение реле при частоте вращения коленчатого вала двигателя более 300 мин⁻¹;

отключение реле при частоте вращения коленчатого вала менее 300 мин⁻¹.

7.5.3. Системы управления двигателем "Motronic"

Одновременное управление впрыском топлива и опережением зажигания обеспечивает система "Motronic", в которую могут быть включены различные системы впрыска, например, "KE-Jetronic", "L-Jetronic" и др. Структурная схема системы "Motronic" приведена на рис. 7.29.

Состав топливовоздушной смеси и УОЗ с учетом условий работы двигателя оптимизирует микропроцессорный блок управления. Система "Motronic" также выполняет функции ЭПХХ.

Для управления углом опережения зажигания в блок управления подаются импульсы от датчиков частоты вращения и положения коленчатого вала двигателя. Обработка информации от датчиков осуществляется в течение одного оборота коленчатого вала. Блок

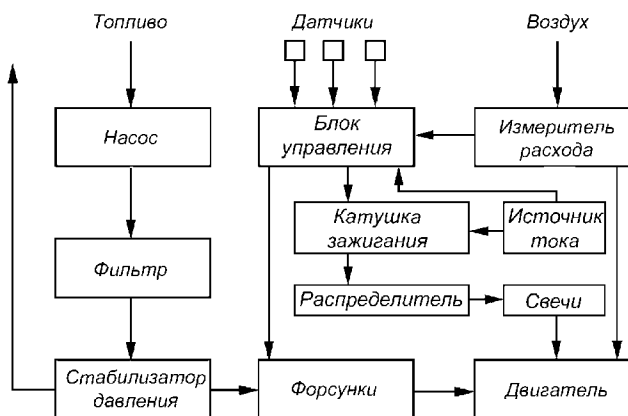


Рис. 7.29. Схема комплексной системы "Motronic"

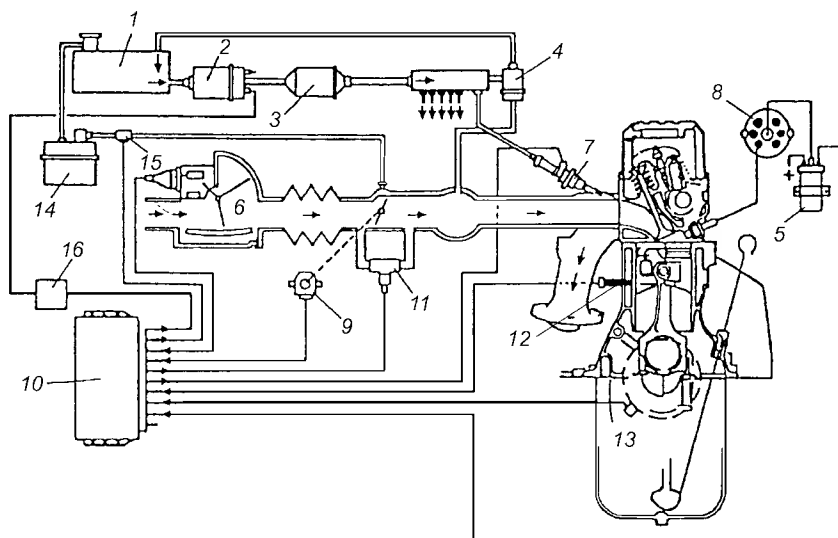


Рис. 7.30. Система управления двигателем "Motronic 1.1 – 1.3":

1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – топливный фильтр; 4 – регулятор давления топлива; 5 – катушка зажигания; 6 – расходомер воздуха; 7 – форсунка; 8 – распределитель зажигания; 9 – выключатель (потенциометр) дроссельной заслонки; 10 – контроллер; 11 – поворотный регулятор холостого хода; 12 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 13 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 14 – накопитель топлива; 15 – клапан вентиляции; 16 – реле включения топливного насоса

управления выбирает промежуточное значение из двух ближайших точек каждой программы и подает сигналы, управляющие подачей топлива и углом опережения зажигания. В запоминающем устройстве блока управления заложены оптимальные характеристики как для установившихся, так и неуставившихся режимов работы двигателя.

Взаимосвязанное управление впрыском топлива и зажиганием средствами электроники позволяет в большей степени приблизить программу управления углом опережения зажигания к оптимальной.

Количество впрыскиваемого топлива устанавливается блоком управления с учетом информации от датчиков, измеряющих объем и температуру воздуха на впуске, частоту вращения коленчатого вала, нагрузку двигателя и температуру охлаждающей жидкости. Основным из этих параметров, от которых зависит дозирование впрыскиваемого топлива, является расход воздуха.

Схема системы управления "Motronic 1.1—1.3" приведена на рис. 7.30.

7.5.4. Система управления двигателем автомобиля "Toyota"

Центральной частью системы является электронный блок управления *II* (рис. 7.31), блок-схема которого приведена на рис. 7.32. На основании сигналов датчиков блок управления рассчитывает количество впрыскиваемого топлива для получения оптимального соотношения топлива и воздуха в топливовоздушной смеси. Количество впрыскиваемого топлива определяется временем открытия электромагнитного клапана форсунки.

Основное время впрыска топлива — время для получения топливовоздушной смеси с теоретически необходимым коэффициентом избытка воздуха. Количество воздуха, поступающего в цилиндр за цикл, рассчитывается блоком управления по данным датчика расхода воздуха и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

В системе управления предусмотрена коррекция времени $t_{\text{впр}}$ срабатывания электромагнитной форсунки (впрыск) по напряжению электроснабжения (рис. 7.33, *а*), при прогреве двигателя (рис. 7.33, *б*), по температуре воздуха на впуске $T_{\text{вп}}$ (рис. 7.33, *в*).

С помощью трехкомпонентного нейтрализатора необходимо достигнуть высокой степени очистки отработавших газов по компонентам CO , HC и NO_x . Состав топливовоздушной смеси по коэффициен-

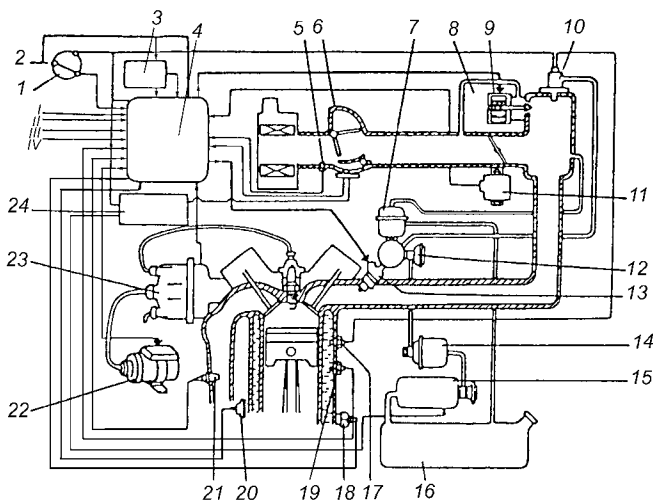


Рис. 7.31. Схема электронной системы управления двигателем автомобиля "Toyota":
 I — разъем для подключения внешних средств диагностики; 2 — выключатель зажигания; 3 — реле; 4 — электронный блок управления; 5 — датчик температуры поступающего в двигатель воздуха; 6 — датчик расхода воздуха; 7 — регулятор давления; 8 — клапан системы холостого хода; 9 — дискретный датчик системы управления частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу; 10 — форсунка холодного пуска; 11 — датчик угла открытия дроссельной заслонки; 12 — редукционный клапан; 13 — форсунка; 14 — топливный фильтр; 15 — топливный насос; 16 — бак для топлива; 17 — таймер прогрева; 18 — датчик детонации; 19 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 20 — датчик аварийного падения давления масла; 21 — датчик кислорода; 22 — распределитель зажигания; 23 — катушка зажигания; 24 — реле включения; I — сигнал включения нейтральной передачи; II — сигнал включения кондиционера; III — сигнал скорости автомобиля

ту избытка воздуха α должен быть близок к стехиометрическому (рис. 7.34). Стабилизация стехиометрического состава топливовоздушной смеси обеспечивается с помощью датчика кислорода, устанавливаемого в выпускном трубопроводе.

Система выполняет также функции ЭПХХ. Изменение частоты вращения коленчатого вала, при которой прекращается и возобновляется подача топлива, в зависимости от температуры охлаждающей жидкости показано на рис. 7.35.

Количество топлива, впрыскиваемого при пуске двигателя, определяется температурой охлаждающей жидкости. Зависимость времени впрыска топлива при пуске двигателя от температуры $T_{о\lambda}$ даны на рис. 7.36.

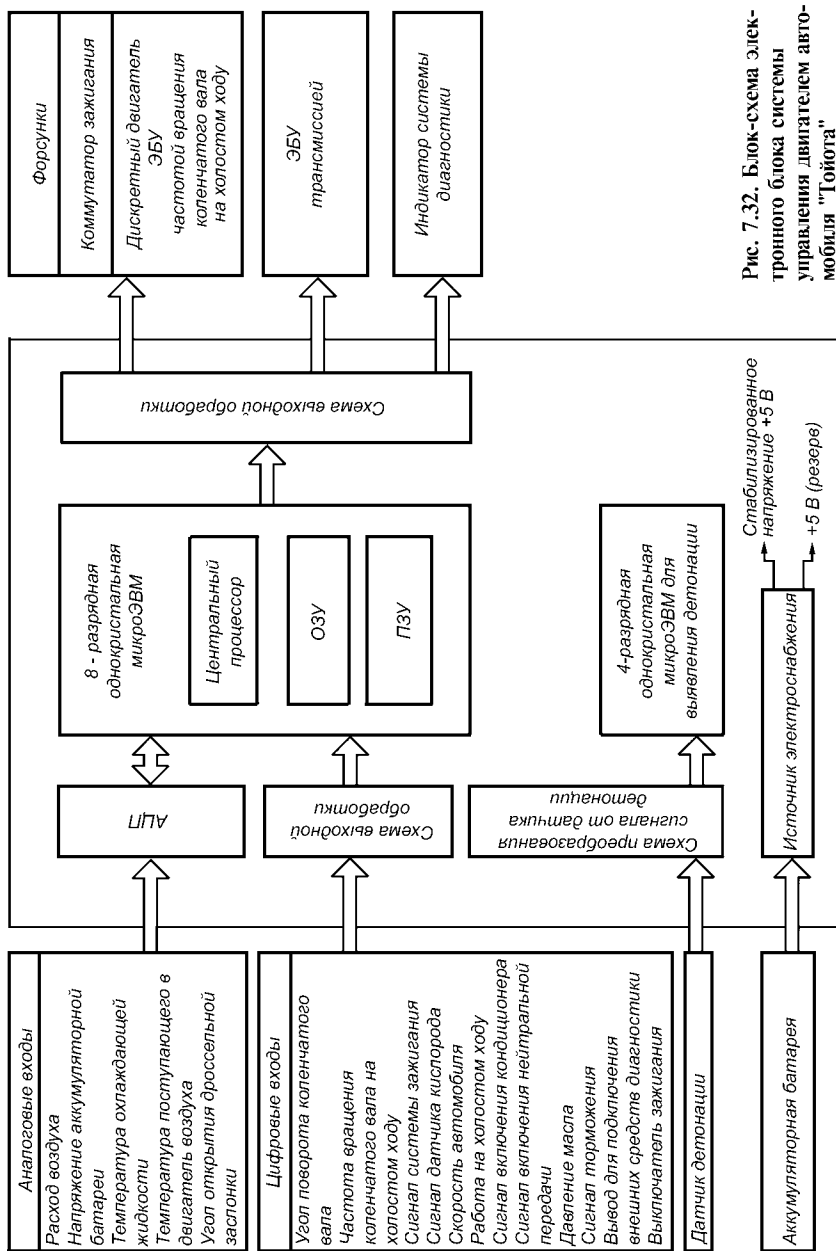


Рис. 7.32. Блок-схема электронного блока системы управления двигателем автомобиля "Тойота"

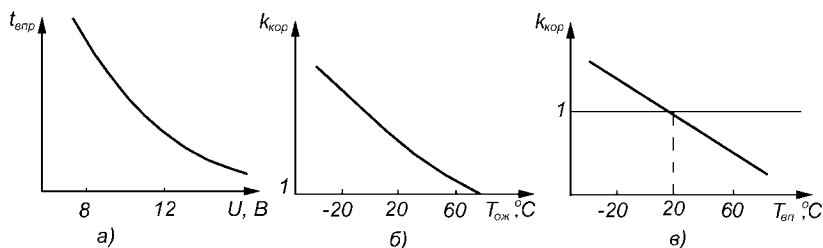


Рис. 7.33. Кривые коррекции впрыска:

a — по напряжению электроснабжения; *б* — при прогреве двигателя; *в* — по температуре воздуха; $T_{о\text{ж}}$ — температура охлаждающей жидкости; U — напряжение бортовой сети; k — коэффициент коррекции

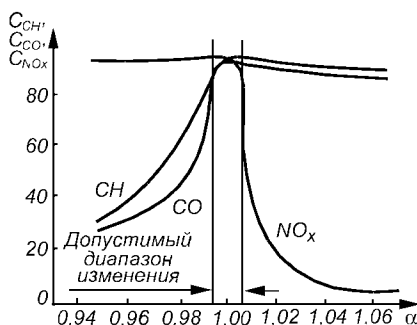


Рис. 7.34. Зависимость содержания токсичных веществ в отработавших газах от состава топливовоздушной смеси:

α — коэффициент избытка воздуха; C_{CH} , C_{CO} , C_{NO_x} — содержание CH , CO , NO_x в отработавших газах

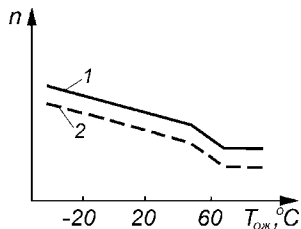


Рис. 7.35. Характеристики работы двигателя на принудительном холостом ходу:

1 — при прекращении подачи топлива; *2* — в начале подачи топлива

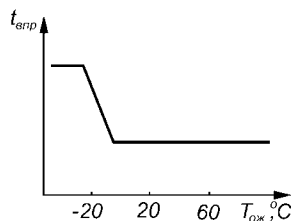


Рис. 7.36. Зависимость времени впрыска топлива при пуске двигателя от температуры $T_{о\text{ж}}$

7.6. КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ С КОНТРОЛЛЕРОМ "ЯНВАРЬ-4"

7.6.1. Система впрыска топлива

На автомобилях ВАЗ моделей 2110, 2111 и 2112 устанавливается комплексная микропроцессорная система управления двигателем с распределенным впрыскиванием топлива (рис. 7.37). Различные типы контроллеров управляют системами распределенного впрыска топлива как с обратной связью, так и без нее.

Обратная связь обеспечивается датчиком кислорода, который отслеживает концентрацию кислорода в отработавших газах. По сигналам датчика кислорода контроллер поддерживает такой состав топливовоздушной смеси по коэффициенту α избытка воздуха, при котором создаются условия для наиболее эффективной работы нейтрализатора.

В системе впрыска топлива без обратной связи нейтрализатор и датчик кислорода отсутствуют, а содержание СО в отработавших газах регулируется СО-потенциометром. Разработан также вариант системы впрыска без СО-потенциометра, в котором регулирование концентрации СО осуществляется диагностическим прибором.

На двигателях автомобилей ВАЗ-2112 применяется система последовательного распределенного впрыска топлива или так называемого фазированного впрыска. В такой системе предусмотрен датчик фаз, фиксирующий момент конца сжатия в первом цилиндре, а топливо форсунками подается по цилиндрам в соответствии с порядком их работы.

Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор в системе впрыска топлива с обратной связью устанавливается в системе выпуска отработавших газов. Нейтрализатор преобразует токсичные компоненты отработавших газов в нетоксичные с помощью керамических элементов с микроканалами, на поверхности которых нанесены два окисированных и один восстановительный катализаторы. Платиновые и палладиевые окисированные катализаторы способствуют преобразованию углеродов в водяной пар, а оксида углерода в нетоксичный двуоксид углерода. Радий восстановительного катализатора ускоряет химическую реакцию преобразования оксидов азота в безвредный азот.

Для наиболее полного сгорания топлива и эффективной нейтрализации токсичных компонентов необходимо, чтобы в топливовоздушной смеси на 14,6–14,7 частей воздуха приходилась одна часть топлива, т.е. состав смеси должен быть близок к стехиометрическому. Высокую точность дозирования топлива и воздуха обеспечивает элек-

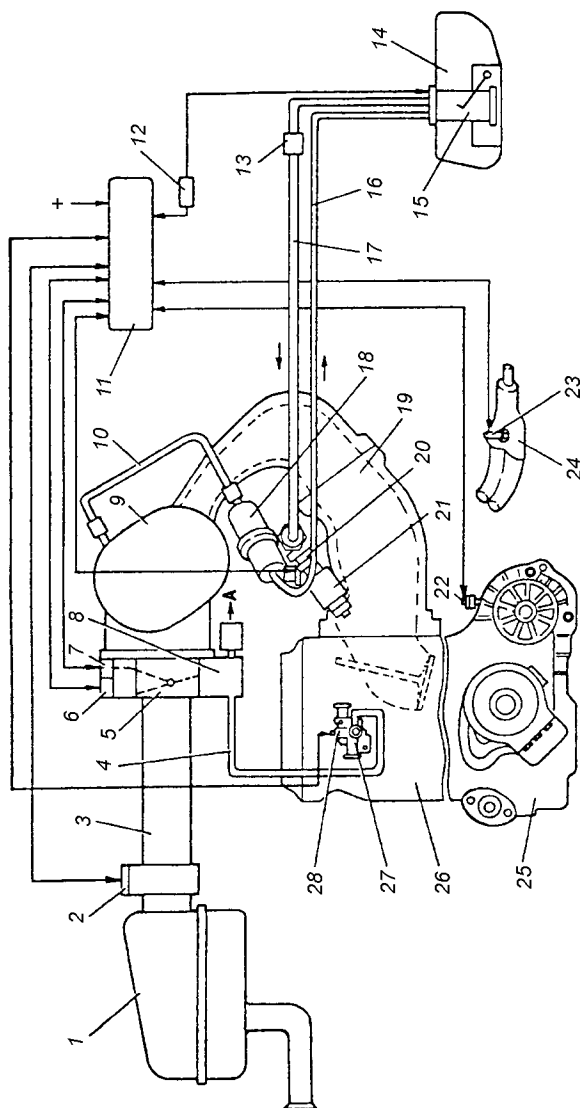


Рис. 7.37. Схема системы впрыска топлива с контроллером "Январь-4":

1 — воздушный фильтр; 2 — датчик массового расхода воздуха; 3 — шланг впускного трубопровода; 4 — шланг подвода охлаждающей жидкости; 5 — дроссельный патрубок; 6 — регулятор системы холостого хода; 7 — датчик положения дроссельной заслонки; 8 — канал подогрева системы холостого хода; 9 — ресивер; 10 — шланг регулятора давления; 11 — контроллер; 12 — реле включения электробензонасоса; 13 — топливный фильтр; 14 — топливный бак; 15 — электробензонасос с датчиком уровня топлива; 16 — сливная магистраль; 17 — подающая магистраль; 18 — датчик скорости; 19 — датчик концентрации кислорода; 20 — рампа форсунок; 21 — форсунка; 22 — головка цилиндра; 23 — выпускной патрубок системы охлаждения; 24 — газоприемник приемной трубы глушителя; 25 — коробка передач; 26 — головка цилиндра; 27 — выпускной патрубок системы охлаждения; 28 — датчик температуры охлаждающей жидкости; А — к подводящей трубе насоса охлаждающей жидкости

тронная система впрыскивания, контроллер которой корректирует подачу топлива в зависимости от условий работы двигателя и сигналов датчика кислорода.

7.6.2. Контроллер системы управления

Управляющим центром электронной системы управления двигателем является блок управления или контроллер *II* (см. рис. 7.37), который непрерывно обрабатывает информацию от различных датчиков и управляет системами и устройствами, влияющими на токсичность отработавших газов и на эксплуатационные показатели автомобиля.

В рассматриваемой электронной системе управления двигателем автомобилей ВАЗ в контроллер поступает информация о положении и частоте вращения коленчатого вала, массовом расходе воздуха, поступающего в пусковую систему двигателя, температуре охлаждающей жидкости, содержании кислорода в отработавших газах, наличии детонационного сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах, напряжении в бортовой сети электрооборудования автомобиля, скорости движения автомобиля, о положении распределительного вала (для системы с последовательным распределенным впрыском топлива).

На основе получаемой информации контроллер управляет топливоподачей (форсунками и электробензонасосом), системой зажигания, регулятором системы холостого хода, вентилятором системы охлаждения.

Контроллер "Январь-4" имеет встроенную систему диагностирования, позволяющую выявлять неисправности в работе системы управления двигателем и предупреждать о них водителя с помощью контрольной лампы "CHECK ENGINE". Кроме того, контроллер может управлять муфтой компрессора кондиционера и адсорбентом системы улавливания паров топлива.

Контроллер имеет три типа памяти:

оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), необходимое для хранения текущей информации и обеспечения работы системы управления;

однократно программируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ), используемое для хранения энергонезависимой информации, которая может храниться при отключении электроснабжения контроллера;

электрическое программируемое запоминающее устройство (ЭПЗУ).

Микропроцессор по мере необходимости вносит в ОЗУ данные или считывает их. Микросхема ОЗУ смонтирована на печатной плате.

ОЗУ является энергозависимым. При прекращении электроснабжения ОЗУ содержащиеся в его памяти диагностические коды неисправностей и вся текущая информация стираются.

В ППЗУ хранится общая программа, содержащая алгоритмы управления топливоподачей, зажиганием, работой двигателя в режимах холостого хода, пуска, частичных и полной нагрузках и т.д. Алгоритмы управления зависят от модели автомобиля, конструкции и мощности двигателя и многих других факторов. Поэтому ППЗУ индивидуально для каждой комплектации автомобиля. Причем на разных моделях автомобилей может устанавливаться один и тот же унифицированный контроллер с индивидуальным ППЗУ.

Находящаяся в памяти ППЗУ информация не может быть изменена после программирования. ППЗУ устанавливается в панельке на плате контроллера (рис. 7.38) и может выниматься из контроллера и быть заменено. При замене неисправного ППЗУ важно правильно установить номер модели и комплектации автомобиля. При замене неисправного контроллера необходимо в другой контроллер устанавливать прежнее ППЗУ, если оно находится в исправном состоянии.

Энергозависимое ЭПЗУ используется для временного хранения кодов-паролей противоугонной системы автомобиля. Коды-пароли, принимаемые контроллером от блока управления иммобилайзером, сравниваются с заложенной в ЭПЗУ информацией, после чего контроллер выдает сигнал на разрешение или запрещение пуска двигателя.

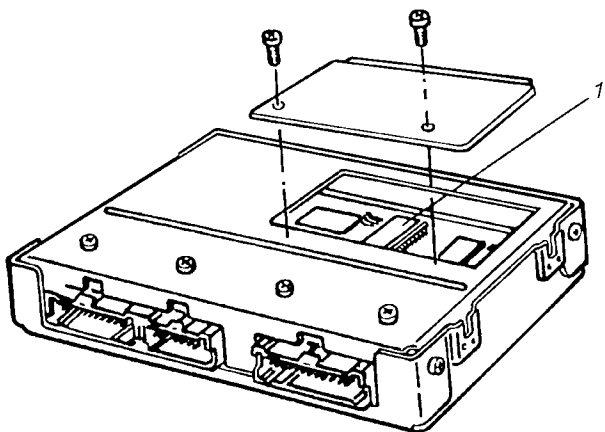


Рис. 7.38. Контроллер "Январь-4":
1 – ППЗУ

7.6.3. Датчики системы управления

Для осуществления функций управления двигателем контроллер "Январь-4" получает и обрабатывает информацию, поступающую от различных датчиков.

На характеристики большинства систем двигателя и автомобиля, которыми управляет контроллер, влияет температура охлаждающей жидкости. Температуру охлаждающей жидкости контроллер определяет по падению напряжения на термисторе *датчика температуры*. Сопротивление термистора уменьшается с увеличением температуры, поэтому падение напряжения на датчике будет меньшим на прогретом двигателе. Датчик температуры охлаждающей жидкости устанавливается во впускном патрубке головки цилиндров.

Чувствительным элементом *датчика детонации* является пьезокристаллическая пластинка. Датчик устанавливается в верхней части блока цилиндров. При возникновении детонации на выходах пьезокристаллической пластины генерируются импульсы напряжения. По сигналу датчика контроллер уменьшает УОЗ до тех пор, пока не устраняется детонационное сгорание топливовоздушной смеси.

Для регулирования длительности подачи топлива форсунками системы впрыска топлива контроллер использует информацию от *датчика массового расхода воздуха* (расходомера), располагаемого между воздушным фильтром и шлангом впускного трубопровода. В расходомере находятся датчики температуры и нагревательный элемент (резистор). При поступлении во впускной трубопровод воздух охлаждает один из датчиков температуры. Электронный модуль расходомера воздуха преобразует разницу сопротивлений двух датчиков температуры в выходной электрический сигнал для контроллера.

Применяемые в разных вариантах систем впрыска топлива датчики массового расхода воздуха отличаются по конструкции и характеристикам вырабатываемого сигнала. В зависимости от расхода воздуха на впуске сигнал датчиков может быть частотным, когда меняется его частота, и аналоговым, если изменяется уровень напряжения сигнала.

Потенциометрический датчик положения дроссельной заслонки связан с ее осью. Контроллер отслеживает выходное напряжение датчика, которое изменяется при повороте дроссельной заслонки, когда водитель воздействует на педаль управления дроссельной заслонкой. Отслеживая изменение напряжения на выходе датчика, контроллер корректирует подачу топлива форсунками.

Принцип действия *датчика скорости* автомобиля, который устанавливается на коробке передач, основан на эффекте Холла. Датчик вырабатывает и подает на контроллер прямоугольные импульсы напряжения с частотой, пропорциональной скорости вращения ведущих колес.

Индуктивный датчик положения коленчатого вала установлен на крышке масляного насоса напротив зубчатого диска на шкиве привода генератора. На диске можно разместить 60 зубьев, равноудаленных на 6° угла поворота коленчатого вала, но два зуба срезаны для выработки сигнала синхронизации ("опорного" импульса), необходимого для согласования работы контроллера с положением поршня первого цилиндра в ВМТ. При вращении коленчатого вала и зубчатого диска изменяются магнитный поток, выходное напряжение датчика. Анализируя сигналы датчика, контроллер определяет частоту вращения коленчатого вала и подает управляющие импульсы на форсунки. Контроллер корректирует также состав топливовоздушной смеси, изменяя режим работы форсунок, по информации от *датчика кислорода*. При изменении состава топливовоздушной смеси изменяется разность потенциалов на выходе датчика.

В системах топливоподачи с последовательным впрыскиванием топлива форсунками применяется *датчик фаз*. Принцип действия датчика основан на эффекте Холла. Когда прорезь стального диска, закрепленного на шкиве впускного распределительного вала, проходит через паз датчика, на контроллер подается отрицательный импульс, соответствующий положению поршня первого цилиндра в ВМТ в конце такта сжатия.

Получив сигнал на включение кондиционера от выключателя на панели приборов, контроллер сначала подстраивает регулятор холодного хода для компенсации дополнительной нагрузки от компрессора кондиционера, а затем включает реле, управляющее работой компрессора.

7.6.4. Работа системы топливоподачи

Система топливоподачи включает в себя электрический топливный насос, топливный фильтр, топливопроводы и рампу форсунок.

Двухступенчатый электрический топливный насос роторного типа размещен в топливном баке, что уменьшает вероятность образования паровых пробок в топливной системе, так как топливо подается под давлением более 280 кПа.

Рампа форсунок представляет собой полую планку с установленными на ней форсунками и регулятором давления топлива. Распылители форсунки входят в отверстия впускного трубопровода.

Когда на форсунку от контроллера подается импульс напряжения, открывается ее электромагнитный клапан, и топливо под давлением тонко распыленной струей подается во впускной трубопровод на впускной клапан. Соприкасаясь с нагретыми деталями впускного трубопровода, топливо испаряется и в парообразном состоянии поступает в цилиндр. Подпружиненный электромагнитный клапан перекрывает подачу топлива форсункой после прекращения подачи электрического импульса.

Количество топлива, впрыскиваемого форсунками во впускной трубопровод, регулируется согласованно с электрическим импульсным сигналом: количество подаваемого топлива повышается при увеличении длительности импульса.

На рабочих режимах преимущественно применяется синхронный способ впрыскивания топлива при определенном положении коленчатого вала. Асинхронный способ впрыскивания топлива без синхронизации с вращением коленчатого вала используется, в основном, при пуске двигателя. Форсунки включаются в работу попарно и поочередно: сначала форсунки первого и четвертого цилиндров, а через 180° поворота коленчатого вала — форсунки второго и третьего цилиндров.

Контроллер типа "Январь-4" обладает способностью адаптации к условиям работы на двигателе в течение всего срока эксплуатации автомобиля.

Характеристики подачи топлива форсунками зависят от состояния двигателя и режима его работы. В начале вращения коленчатого вала электростартером при выключенном зажигании по первому сигналу от датчика положения коленчатого вала контроллер подает управляющий импульс на срабатывание всех форсунок, что способствует ускорению процесса пуска. Длительность импульса первоначального впрыскивания топлива всеми форсунками больше на холодном двигателе. После первоначального впрыскивания контроллер автоматически переключается на требуемый режим управления.

При включении зажигания контроллер подключает к источнику электроснабжения электрический топливный насос, который создает необходимое давление подачи топлива в рампе форсунок. Соответствие состава топливовоздушной смеси контроллер оценивает по информации от датчика температуры охлаждающей жидкости.

В режиме пуска двигателя при частоте вращения коленчатого вала до 400 мин⁻¹ контроллер обеспечивает "продувку" цилиндров путем полного

открытия дроссельной заслонки для очистки свечей зажигания от топлива, поступившего в цилиндры в жидкой фазе. В это время управляющий импульс от контроллера на подачу топлива форсунками отсутствует.

На рабочий режим управления топливоподачей контроллер переходит после осуществления пуска двигателя, когда частота вращения коленчатого вала превышает 400 мин⁻¹. В таком режиме для расчета длительности управляющего импульса, подаваемого на форсунки, контроллер использует информацию о частоте вращения коленчатого вала, температуре охлаждающей жидкости, массовом расходе воздуха и положении дроссельной заслонки. Состав топливовоздушной смеси может отличаться от стехиометрического в зависимости от теплового состояния двигателя. Для непрогретого двигателя требуется подготовка обогащенной смеси.

В системе впрыскивания топлива с обратной связью для расчета длительности управляющего импульса контроллер использует дополнительную информацию от датчика кислорода для того, чтобы поддерживать состав топливовоздушной смеси, близкий к стехиометрическому.

В системе с последовательным (фазированным) впрыском топлива контроллер подает на форсунки управляющие импульсы в соответствии с порядком работы цилиндров. Момент включения в работу каждой форсунки контроллер рассчитывает в соответствии с сигналом от датчика фаз, который вырабатывается при прохождении поршня первого цилиндра через ВМТ в конце такта сжатия. В системе с последовательным впрыскиванием топлива обеспечиваются более точное его дозирование по цилиндрам и снижение токсичности отработавших газов.

Для обогащения топливовоздушной смеси при ускорении вращения коленчатого вала в переходных режимах работы двигателя контроллер по сигналам датчика положения дроссельной заслонки отслеживает ее резкие перемещения и увеличивает длительность импульсов, управляющих подачей топлива форсунками.

Обогащение топливовоздушной смеси требуется также для обеспечения работы двигателя в режиме максимальной мощности. Момент, когда двигатель должен развивать максимальную мощность, контроллер рассчитывает на основании информации о положении дроссельной заслонки и частоте вращения коленчатого вала. Показания датчика кислорода об обогащении топливовоздушной смеси не учитываются.

При торможении автомобиля контроллер следит за уменьшением угла открытия дроссельной заслонки и, учитывая информацию от датчика массового расхода воздуха, обеспечивает временное уменьшение количества впрыскиваемого форсунками топлива. При торможении двигателем с выключенными передачей и сцеплением кон-

троллер на короткие периоды времени полностью прекращает подачу управляющих импульсов на форсунки. Уменьшение подачи топлива при торможении автомобиля и отпускании педали управления дроссельной заслонкой (режим принудительного холостого хода) позволяет повысить топливную экономичность двигателя и уменьшить выбросы в окружающую среду токсичных веществ.

Подача топлива форсунками прекращается при выключенном зажигании, чем исключается вероятность воспламенения топливовоздушной смеси от перегретых деталей цилиндропоршневой группы. Контроллер не подает команду на впрыск топлива, если не получает опорных импульсов от датчика положения коленчатого вала. Кроме того, контроллер отключает подачу топлива форсунками при превышении предельно допустимой частоты вращения коленчатого вала двигателя, равной 6510 мин⁻¹.

Если температура охлаждающей жидкости превысит 104 °С (если поступит запрос на включение кондиционера), контроллер с помощью вспомогательного реле включает вентилятор системы охлаждения двигателя. Если температура охлаждающей жидкости опускается ниже 101 °С, а также после включения кондиционера и остановки двигателя электровентилятор выключается.

Рабочие характеристики систем впрыска топлива и зажигания ухудшаются при падении напряжения в бортовой сети электрооборудования. Снижение напряжения контроллер компенсирует за счет увеличения длительности впрыска топлива и увеличения времени накопления энергии в катушках зажигания.

7.6.5. Управление системой зажигания

Контроллер типа "Январь-4" управляет системой зажигания, получая информацию о частоте вращения и положении коленчатого вала, температуре охлаждающей жидкости, наличии детонации. Нагрузка двигателя определяется по информации от датчика массового расхода воздуха. Расчет последовательности срабатывания катушек в модуле зажигания контроллер осуществляет на основе опорного сигнала от датчика положения коленчатого вала. В модуле зажигания применены двухвыводные катушки зажигания, обеспечивающие искрообразование в двух цилиндрах одновременно: в цилиндре, в котором заканчивается такт сжатия, и в цилиндре, в котором имеет место такт выпуска. Система зажигания не требует технического обслуживания, так как не имеет подвижных частей.

7.6.6. Система улавливания паров бензина

Угольный адсорбер, используемый для улавливания паров бензина, устанавливается в двигательном отсеке и соединяется трубопроводом с топливным баком и дроссельным патрубком. Работой системы контроллер управляет с помощью электромагнитного клапана на крышке адсорбера. Если двигатель не работает, клапан закрыт. Пары бензина из топливного бака поступают к адсорберу, где поглощаются гранулированным активированным углем. Во время работы двигателя адсорбер продувается воздухом. Пары топлива отсасываются к дроссельному патрубку и далее поступают во впускной трубопровод и цилиндры, где сжигаются в ходе рабочего процесса.

Для управления электромагнитным клапаном используется метод широтно-импульсной модуляции. С изменением количества воздуха, поступающего в адсорбер, изменяется скважность сигнала управления электромагнитным клапаном. Чем выше расход воздуха, тем больше длительность импульсов включения клапана. Клапан включается и выключается с частотой 16 Гц.

Условия, при которых контроллер включает электромагнитный клапан, следующие:

- температура охлаждающей жидкости выше 75 °C;

- система управления топливоподачей работает с обратной связью, т.е. в режиме замкнутого цикла;

- скорость движения автомобиля выше 10 км/ч;

- дроссельная заслонка открыта больше, чем на 4 %.

Клапан отключается только при снижении скорости движения автомобиля до 7 км/ч.

7.7. ЭЛЕКТРОННО-УПРАВЛЯЕМЫЕ ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЕЙ

7.7.1. Классификация электронных топливных систем дизелей

Эффективность электронного управления дизелем, как и бензиновым двигателем, в значительной степени определяется наличием в МПСУД электронно-управляемой топливной системы (ЭТС), основное назначение которой заключается в обеспечении оптимизации рабочего процесса дизеля.

ЭТС представляет собой совокупность электрогидравлических устройств, преобразующих управляющие электрические импульсы, вырабатываемые контроллером, в гидравлические импульсы давления топлива при впрыске его форсункой. В дизелях используются ЭТС, обеспечивающие подачу топлива непосредственно в цилиндры под давлением до 200 МПа. Управляемыми элементами ЭТС, имеющими встроенные электромеханические преобразователи и электромагнитные клапаны, являются топливо-подкачивающие насосы, ТНВД, топливные магистрали высокого, низкого и среднего давления.

ЭТС высокого давления дизелей можно классифицировать по ряду признаков. Выделяют следующие основные ЭТС:

- непрерывно управляемые с импульсным питанием форсунок от непрерывно управляемых ТНВД с механическим приводом плунжеров;

- механоприводные с импульсным питанием форсунок от ТНВД с механическим приводом плунжеров и с импульсным индивидуальным управлением продолжительностью и опережением впрыскивания в магистралях высокого давления или форсунках;

- пневноприводные с импульсным питанием от ТНВД с пневматическим приводом плунжеров и с импульсным индивидуальным управлением продолжительностью и опережением впрыска в магистралях высокого давления или форсунках;

- гидроприводные с непрерывным питанием форсунок от аккумуляторов топлива среднего давления и импульсной мультипликацией в ТНВД с гидравлическим приводом плунжеров, с импульсным управлением продолжительностью и опережением впрыска в ТНВД и/или форсунках при непрерывном управлении давлением в магистралях среднего давления;

- аккумуляторные с непрерывным питанием форсунок от аккумуляторов топлива высокого давления и импульсным индивидуальным управлением продолжительностью и опережением впрыска в форсунках при непрерывном управлении давлением в магистралях высокого давления.

ЭТС по сравнению с неэлектронными топливными системами обладают такими преимуществами:

- раздельной управляемостью подачей топлива при впрыске, давлением, опережением, числом фаз, формой характеристик впрыска, числом работающих цилиндров (циклов впрыска), равномерностью нагрузки цилиндров, ограничением подачи топлива;

- независимостью давления впрыска от длительности и опережения впрыска;

независимостью опережения впрыска от длительности и давления впрыска;

возможностью сохранения работоспособности двигателя при отказе отдельных элементов.

Наиболее полное использование возможностей адаптивного управления обеспечивается ЭТС при индивидуальном управлении подачей топлива в каждом рабочем цикле каждого цилиндра. Возможности адаптации ЭТС на двигателе зависят от объема и характера изменений в конструкции многих агрегатов двигателя, необходимых для размещения и обеспечения эффективной работы ЭТС.

7.7.2. Непрерывно управляемые ЭТС

В непрерывно управляемых ЭТС формирование гидравлических импульсов питания форсунок топливом и непрерывное усредненное управление параметрами таких импульсов осуществляется в ТНВД перемещением реек, изменяющих величину, фазу и давление подачи топлива к форсункам, или перемещением клапанов на входе, выходе или в перепускных клапанах насоса. Для перемещения реек и клапанов используются электромеханические преобразователи. Возможно также применение преобразователей релейного типа, осуществляющих широтно-импульсную модуляцию.

Контроллер формирует и осуществляет управляющие воздействия на электромеханические преобразователи ТНВД на основе информации о заданной и действительной частоте вращения коленчатого вала, а также о состоянии двигателя и связанных с ним агрегатов. Перемещение рейки осуществляется электромагнитом с коническим якорем и пружиной. Полное выключение подачи топлива, необходимое, например, в аварийных ситуациях, производится релейным электромагнитом.

В многоплунжерные рядные ТНВД фирмы Bosch встроены датчики частоты вращения кулачкового вала и перемещения рейки. Кроме того, контроллер получает информацию о давлении наддува, температуре воздуха, топлива, охлаждающей жидкости, положении педали управления, скорости движения автомобиля, включении сцепления и тормозных механизмов.

К электронному управлению лучше приспособлены распределительные ТНВД благодаря удобству встраивания в них исполнительных механизмов управления подачей и опережением впрыскивания топлива.

В ЭТС с распределительным ТНВД типа VE фирмы Bosch электромагнитный механизм через эксцентрик перемещает дозатор, устанавли-

ливающий величину подачи топлива. Положение дозатора контролируется датчиком. Плунжер-распределитель приводится во вращение от входного вала ТНВД. Управление опережением впрыскивания осуществляется электрогидравлическим исполнительным механизмом.

7.7.3. ЭТС с импульсным питанием форсунок и индивидуальным управлением

В таких системах высокое давление топлива создается только на время его впрыскивания в соответствующий цилиндр. Источником высокого давления является ТНВД или одна его секция. В каждом канале впрыскивания находится магистраль низкого давления, ТНВД, магистраль высокого давления, форсунка и входящий, по крайней мере, в один из этих элементов управляющий модуль в виде электрического клапана.

В зависимости от типа привода нагнетательного плунжера ТНВД ЭТС с импульсным питанием форсунок подразделяют на механо-, пневмо- и гидроприводные.

Точное регулирование начала подачи топлива форсункой осуществляется контроллером путем изменения фазы управляющего электрического импульса, который подается на электрический клапан, установленный в магистрали высокого давления между ТНВД и обычной механической форсункой. При выключенном клапане топливо из магистрали высокого давления сливается в топливный бак. При срабатывании клапана давление в магистрали растет, форсунка открывается и впрыскивает топливо в цилиндр.

Эффективность механоприводных ЭТС зависит от длины магистралей высокого давления. Наиболее предпочтительным является объединение насоса, форсунки и управляющего клапана в единый узел — электромеханическую насос-форсунку.

В пневмоприводных ЭТС целесообразно применение электропневматических насос-форсунок. Высокое давление топлива в пневмоприводных ЭТС создается плунжером высокого давления, приводимым в движение поршнем, на который непосредственно действует давление воздуха или газов в цилиндре двигателя.

В гидроприводных ЭТС высокое давление создается импульсно ТНВД с гидравлическим приводом плунжеров. ТНВД представляет собой гидротрансформатор или мультипликатор. Диаметр нагнетательного плунжера в несколько раз меньше диаметра приводного поршня. В ТНВД подается топливо под давлением из аккумулятора среднего дав-

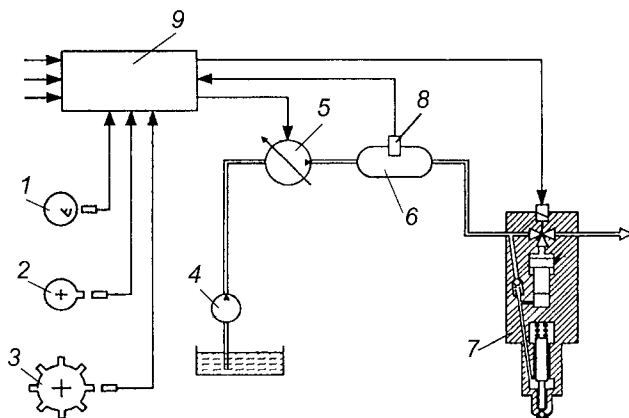


Рис. 7.39. Схема гидроприводной ЭТС с электрогидравлическими насос-форсунками: 1 задачик; 2, 3 датчики положения соответственно распределительного и коленчатого валов; 4 подкачивающий насос; 5 топливный насос среднего давления; 6 аккумулятор среднего давления; 7 форсунка; 8 датчик давления; 9 микроконтроллер

ления. В гидроприводных ЭТС в основном используются обычные форсунки с пружинным запирающим игл. Наиболее целесообразно применение гидроприводных ЭТС с электрогидравлическими насос-форсунками (рис. 7.39). Среднее давление используется для обеспечения работы гидравлического привода мультипликатора. В состав магистрали топлива среднего давления входят аккумулятор и насос среднего давления, управляемый микроконтроллером.

Управляющая камера над поршнем ТНВД нормально открытым затвором электромагнитного клапана соединена со сливом, а нормально закрытым — с магистралью среднего давления. После подключения электромагнитного клапана микроконтроллером к источнику электропитания давление от аккумулятора среднего давления подается на поршень мультипликатора. Под плунжером мультипликатора создается высокое давление, которое передается на форсунку с пружинным механическим запирающим. Впрыскивание топлива в цилиндр прекращается при выключении электромагнита.

7.7.4. Аккумуляторные ЭТС высокого давления для дизелей

Учитывая необходимость импульсного управления впрыскиванием топлива, в аккумуляторных ЭТС наиболее эффективно примене-

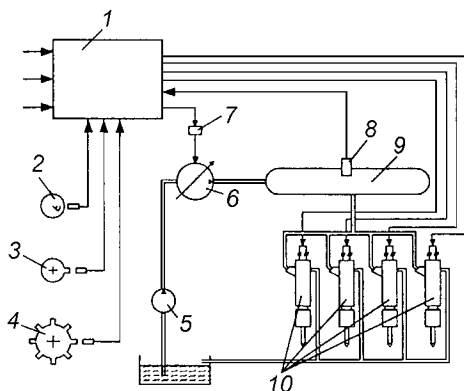


Рис. 7.40. Схема аккумуляторной ЭТС высокого давления дизеля с электроуправляемыми форсунками:

1 – микроконтроллер; 2 – датчик; 3, 4 – датчик положения соответственно распределительного и коленчатого валов; 5 – подкачивающий насос; 6 – ТНВД; 7 – исполнительный механизм регулятора давления; 8 – датчик давления; 9 – аккумулятор; 10 – электроуправляемые форсунки

ние электроуправляемых (электромеханических или электрогидравлических) форсунок (рис. 7.40).

Давление впрыскивания устанавливается непрерывным регулированием давления в аккумуляторе по информации от датчика давления путем изменения подачи ТНВД. Управление опережением и длительностью впрыскивания обеспечивает микроконтроллер, изменяя фазу и длительность управляющего электрического импульса. Фаза управляющих импульсов устанавливается по информации от датчиков положения коленчатого и распределительного валов. Один из таких датчиков используется для определения частоты вращения коленчатого вала двигателя. Датчик положения распределительного вала необходим для распознавания тактов в цилиндрах четырехтактных двигателей.

В аккумуляторной ЭТС высокого давления фирмы "Бош" (рис. 7.41) давление в аккумуляторе топлива адаптивно поддерживается оптимальным для каждого режима работы двигателя автоматическим регулятором, действующим по программе, заложенной в микропроцессоре. По информации, поступающей от датчика давления, регулятор поддерживает заданный уровень давления путем сброса части топлива из магистрали высокого давления через электромагнитный клапан. Изменение количества сбрасываемого топлива производится за счет

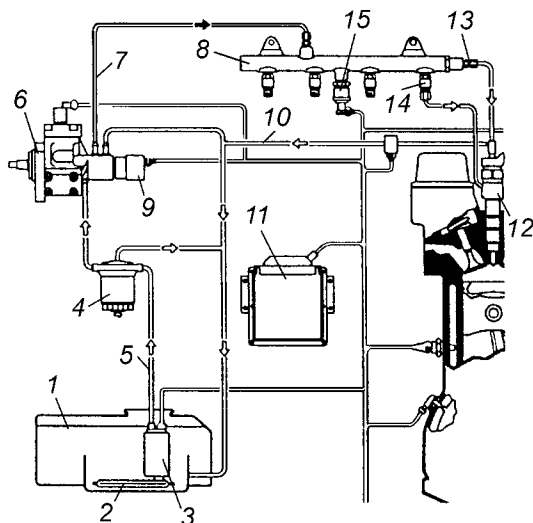


Рис. 7.41. Схема аккумуляторной ЭТС высокого давления фирмы "Босх":

1 — топливный насос; 2 — предварительный фильтр топлива; 3 — топливopодкачивающий насос с электроприводом; 4 — фильтр дополнительной очистки топлива; 5 — топливопроводы низкого давления; 6 — ТНВД; 7 — топливопроводы высокого давления; 8 — аккумулятор; 9 — исполнительный электромагнитный клапан регулятора давления в аккумуляторе; 10 — сливные топливопроводы; 11 — микроконтроллер; 12 — электрогидравлическая форсунка; 13 — клапан—ограничитель давления в аккумуляторе; 14 — ограничитель подачи топлива в форсунки; 15 — датчик давления топлива в аккумуляторе; 16 — датчик температуры топлива на сливе из форсунок

широотно-импульсной модуляции управляющего электромагнитом сигнала, которая может быть дополнена и частотно-импульсной модуляцией.

7.8. КОМПЛЕКСНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЯМИ

В состав приведенной на рис. 7.42 комплексной системой управления дизелем, кроме аккумуляторной ЭТС, входят электромагнитный привод клапанов газораспределения, электромагнитные системы рециркуляции отработавших газов, наддува с перепуском газов в турбокомпрессоре и свечами накаливания. Состав электронных систем управления двигателем может быть и более широким.

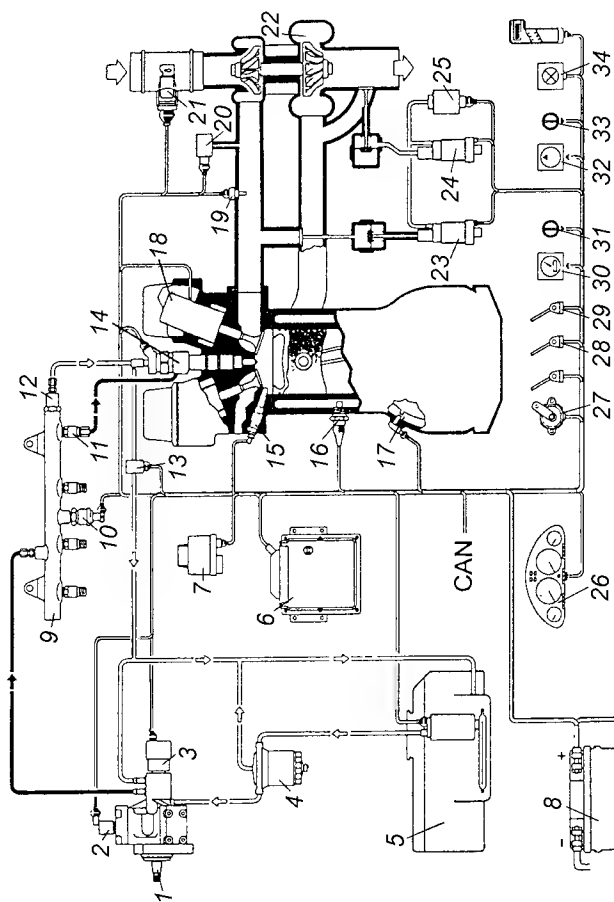


Рис. 7.42. Схема комплексной системы управления дизелем

← Рис. 7.42 (Продолжение):

1 – ТНВД; 2 – электромагнитный клапан аварийного выключения подачи топлива; 3 – исполнительный электромагнитный клапан регулятора давления топлива в аккумуляторе; 4 – топливный фильтр; 5 – топливный бак с фильтром и топливоподкачивающим электронасосом; 6 – микроконтроллер; 7 – блок управления свечей накаливания; 8 – аккумуляторная батарея; 9 – аккумулятор топлива; 10 – датчик давления топлива в аккумуляторе; 11 – ограничитель расхода топлива электрогидравлической форсунки; 12 – ограничитель давления топлива в аккумуляторе; 13 – датчик температуры топлива; 14 – электрогидравлическая форсунка; 15 – свеча накаливания; 16 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 17 – датчик положения коленчатого вала (частоты вращения); 18 – электромагнитный привод клапана газораспределения; 19 – датчик температуры воздуха на всасывании; 20 – датчик давления наддува; 21 – датчик массового расхода воздуха; 22 – турбокомпрессор; 23 – электропневматический клапан системы управления рециркуляцией отработавших газов; 24 – электропневматический клапан системы регулирования наддува; 25 – вакуумный электронасос; 26 – шток приборов; 27 – непрерывный и контактный датчик положения педали управления; 28 – контактный датчик положения педали тормозной системы; 29 – контактный датчик положения педали сцепления; 30 – датчик скорости автомобиля; 31 – задатчик регулятора скорости автомобиля; 32 – компрессор кондиционера; 33 – задатчик регулятора кондиционера; 34 – индикатор системы диагностирования с контактным разъемом для подключения диагностического прибора; CAN – линия связи с мультиплексной системой автомобиля; — — топливопроводы высокого давления; = — топливопроводы низкого давления; = — электрические кабели

Электронное управление дизелем необходимо для уменьшения количества токсичных веществ в отработавших газах, уменьшения дымности, вибрации, уровня шума, оптимизации и стабилизации частоты вращения на холостом ходу и т.д. Это обеспечивается электронным блоком управления, который после обработки информации о состоянии двигателя от различных датчиков выдает управляющие сигналы, обеспечивающие оптимизацию количества подаваемого топлива и момента его впрыскивания.

Система управления дизелем ("Тойота") приведена на рис. 7.43. Система обеспечивает управление количеством топлива, моментом начала подачи топлива, воздушной заслонкой, частотой вращения коленчатого вала на режиме холостого хода и свечой зажигания. Управление количеством подаваемого топлива осуществляется блоком управления на основании данных о частоте вращения коленчатого вала и положении педали подачи топлива с учетом поправок на температуру и давление воздуха на впуске, температуру жидкости и т.д. Получая информацию от различных датчиков, блок управления обеспечивает подачу такого количества топлива, чтобы частота вращения коленчатого вала в режиме холостого хода не отличалась от расчетной.

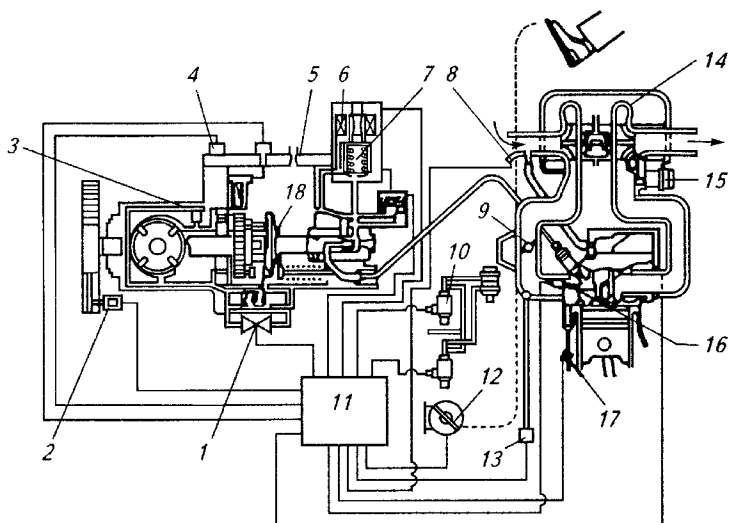


Рис. 7.43. Система управления дизелем ("Тойота"):

1 специальный клапан управления; 2 датчик угла поворота коленчатого вала; 3 жиклер для впуска топлива; 4 корректирующий резистор; 5 жиклер для выпуска топлива; 6 электромагнитный перепускной клапан; 7 электромагнитный клапан; 8 датчик температуры поступающего в двигатель воздуха; 9 воздушные заслонки; 10 клапан; 11 блок управления; 12 сигнал нажатия на педаль подачи топлива; 13 датчик давления поступающего в двигатель воздуха; 14 система турбонаддува; 15 клапан; 16 датчик воспламенения; 17 датчик температуры охлаждающей жидкости; 18 датчик частоты вращения коленчатого вала

Сила тока свечей накаливания при пуске дизеля регулируется блоком управления в зависимости от температуры охлаждающей жидкости и других параметров.

7.9. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗООБМЕНОМ

7.9.1. Состав ЭСГО. Выполняемые функции

Электронные системы газообмена (ЭСГО) могут включать следующие подсистемы управления:

газораспределением (фазами газораспределения, законом движения клапана);

настройкой газодинамических параметров впускного трубопровода;

настройкой газодинамических параметров выпускного трубопровода;

рециркуляцией отработавших газов.

Воздействуя на процессы газообмена, ЭСГО выполняет такие функции:

- управление мощностью двигателя;

- улучшение экономических и экологических показателей двигателя;

- рост эффективности торможения автомобиля.

Управление мощностью двигателя при одновременном улучшении экономических и экологических показателей двигателей ЭСГО осуществляется за счет изменения хода впускных клапанов или исключения наполнения и подачи топлива в отдельных цилиндрах.

Управляя фазами газораспределения, динамикой подъема клапанов и газодинамическими процессами во впускных и выпускных трубопроводах, можно изменять скоростные характеристики и улучшать мощностные показатели двигателя.

В бензиновых двигателях ЭСГО осуществляет направленное воздействие на процесс сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах, изменяя интенсивность вихревого движения заряда, возникающего во время такта впуска, с помощью поворотных заслонок, размещаемых в каналах перед впускными клапанами.

Рециркуляция отработавших газов, т.е. дозированная добавка к свежему заряду топливовоздушной смеси части отработавших газов, обеспечивает уменьшение токсичных выбросов.

Тормозные качества автомобиля улучшаются при увеличении сопротивления выпуска отработавших газов с помощью регулируемой дроссельной заслонки в выпускной системе или за счет изменения подъема впускного клапана.

7.9.2. Управление газораспределением

Для оптимизации рабочего процесса двигателя необходимо регулировать подъем клапанов и фазы газораспределения.

Управлять фазами газораспределения можно с помощью исполнительного механизма, изменяющего угловое положение распределительного вала. Такой способ управления целесообразно использовать на двигателях с отдельными распределительными валами для привода впускных и выпускных клапанов.

Для регулирования не только фаз газораспределения, но и высоты подъема клапанов можно использовать кулачки со сложной поверхностью, синтезированной из нескольких различных профилей. Осевое перемещение распределительного вала в зависимости от режима работы

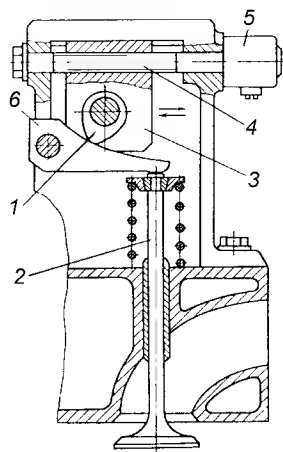


Рис. 7.44. Устройство для изменения фаз газораспределения путем смещения вала в осевой плоскости:

1 — распределительный вал; 2 — клапан; 3 — подвижная опора; 4 — винтовой механизм; 5 — электропривод; 6 — промежуточный фигурный рычаг на оси

двигателя позволяет задействовать определенный профиль кулачка, соответствующий оптимальному газораспределению.

Электронное управление газораспределением за счет позиционирования по углу поворота или осевого перемещения распределительного вала со сменой профиля рабочих участков кулачков может быть только одинаково осредненным для всех цилиндров двигателя.

Для позиционирования распределительного вала используются электрогидравлические устройства. Предложено множество кинематических схем с электромеханическим или электрогидравлическим приводом, регулирующих высоту подъема клапанов за счет изменения передаточного числа в коромыслах привода клапанов. В устройстве, приведенном на рис. 7.44, распределительный вал 1 вместе с опорами 3 с помощью винтового механизма 4 перемещается в плоскости, проходящей через ось вала. Между кулачком вала 1 и клапаном 2 установлен рычаг специальной формы, который обеспечивает изменение фаз газораспределения и высоты подъема клапана.

Управление газораспределением способствует дальнейшему совершенствованию двигателей, но при создании ЭСГО должно быть учтено соотношение между достигаемым эффектом и сложностью, стоимостью исполнительных механизмов, а также возможным снижением показателей надежности двигателя.

7.9.3. Управление наддувом

Эффективным средством улучшения удельных мощностных показателей двигателей является наддув. Увеличение литровой мощности при наддуве достигается благодаря подаче воздуха или топливовоздушной смеси в цилиндры под избыточным давлением.

Неуправляемые системы наддува не могут обеспечивать оптимальную работу турбокомпрессора во всем диапазоне скоростных режимов работы двигателя.

В электронной системе управления наддувом за счет перепуска газов мимо турбины турбокомпрессора 22 (см. рис. 7.42) используется электропневматический клапан 24, состоящий из электромагнитного управляющего клапана и пневматического мембранного привода. Когда клапан 24 закрывает обходной канал при низких частотах вращения коленчатого вала, то все отработавшие газы проходят через турбину. По мере открытия клапана с увеличением нагрузки все большая часть отработавших газов проходит через обводной канал, минуя турбину. Энергия отработавших газов, пропущенных через обводной канал, не используется. При этом температура газов в выпускной системе двигателя повышается, что является существенным недостатком перепускных электронных систем управления турбокомпрессорами.

Для управления турбонаддувом надо рационально использовать встроенную в турбокомпрессор электрическую машину. На рис. 7.45 дана схема электронной системы управления турбонаддувом с электротурбокомпрессором. В простейшем варианте такой системы турбонаддува можно использовать электродвигатель переменного тока, к которому для управления частотой вращения подводится переменный электрический ток регулируемых частот и напряжения от генераторной установки и аккумуляторной батареи через инвертор.

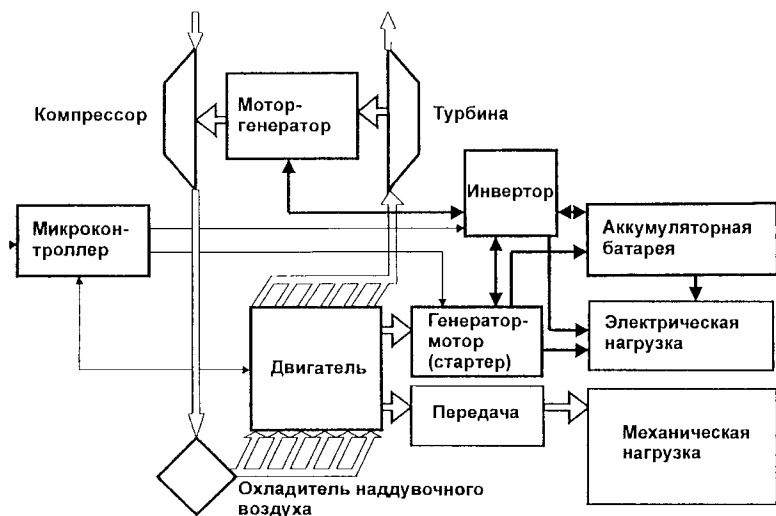


Рис. 7.45. Схема электронной системы управления наддувом с электротурбокомпрессором:
 — — механические связи; = газовые связи; — — электрические связи; — — информационные связи

При пуске двигателя в режимах холостого хода, разгона и малых нагрузок электродвигатель, создавая дополнительный вращающий момент, разгоняет вал турбокомпрессора до частоты вращения, при которой достигается оптимальное по расходу топлива двигателем давление наддува. На режимах максимальной мощности электродвигатель вместе с инвертором выключается.

Интерес представляет использование в турбокомпрессоре обратной электрической машины — мотор-генератора, который при больших нагрузках двигателя, когда развиваемая за счет энергии отработавших газов мощность турбины больше требуемой для создания оптимального давления наддува, переводится в генераторный режим работы. Микроконтроллер регулирует мощность, отбираемую обратной электрической машиной и передаваемую в бортовую сеть электрооборудования транспортного средства, обеспечивая оптимальный наддув.

В двигателях с турбонаддувом устранять детонацию сложно, поэтому в качестве командного параметра во всех системах управления турбонаддувом используется сигнал датчика детонации. С помощью датчика можно управлять УОЗ, давлением наддува или одновременно двумя этими параметрами.

В системе управления давлением турбонаддува с помощью датчика детонации (рис. 7.46) электромагнитный клапан 4 периодически, с

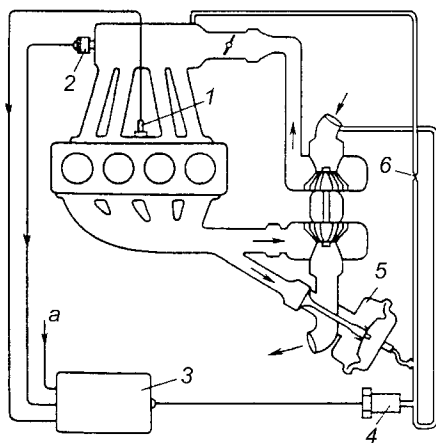


Рис. 7.46. Схема систем управления наддувом с помощью датчика детонации:
 1 — датчик детонации; 2 — впускной трубопровод; 3 — блок управления; 4 — электромагнитный клапан; 5 — мембранный механизм клапана перепуска отработавших газов; 6 — калиброванное отверстие

частотой 12 Гц, открывается и закрывается. Соотношение времени открытого и закрытого состояния клапана 4 изменяется по управляющим импульсам блока управления 3, которые формируются на основе информации, поступающей от датчиков 1 детонации, давления во впускном трубопроводе 2 и частоты вращения коленчатого вала. При этом изменяется положение клапана перепуска отработавших газов с мембранным механизмом 5, количество газов, проходящих через отводной канал мимо турбины, и давление наддува.

Рассмотренный принцип регулирования давления наддува с помощью электромагнитного клапана в системе перепуска отработавших газов использован в более совершенных системах (рис. 7.47) с датчиком детонации, осуществляющих совместно управление УОЗ и давлением наддува. Управляющие импульсы *з* для электромагнитного клапана перепуска отработавших газов и импульсы *ж* для системы зажигания формируются микропроцессором 7 на основе информации, поступающей по каналам связи *а, д, б, в* и *е* соответственно от датчиков давления воздуха после компрессора, давления во впускном трубопроводе, частоты

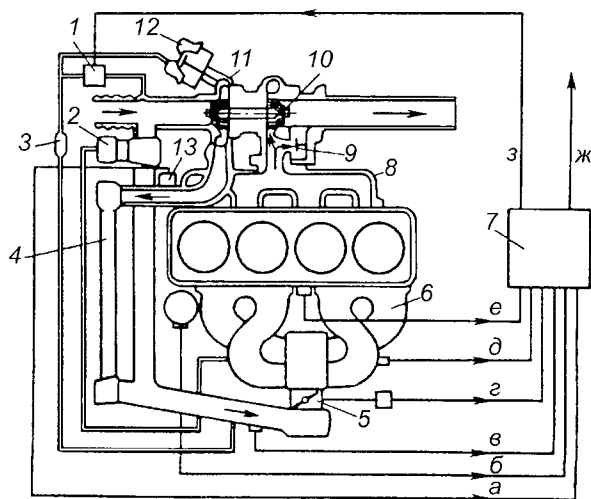


Рис. 7.47. Схема микропроцессорной системы управления давлением наддува и УОЗ с помощью датчика детонации:

1 — электромагнитный клапан перепуска отработавших газов; 2 — клапан перепуска воздуха; 3 — дросселирующее отверстие; 4 — охладитель воздуха; 5 — дроссельная заслонка; 6 — впускной трубопровод; 7 — микропроцессор; 8 — выпускной трубопровод; 9 — клапан перепуска отработавших газов; 10 — турбина; 11 — компрессор; 12 — мембранный механизм клапана перепуска газов; 13 — датчик давления воздуха

вращения коленчатого вала, положения дроссельной заслонки, температуры воздуха после охладителя и детонации. Достоинством системы является возможность кратковременного значительного увеличения давления наддува при резком открытии дроссельной заслонки.

7.9.4. Управление рециркуляцией отработавших газов

Рециркуляция отработавших газов направлена на снижение токсичности двигателя. Суть рециркуляции заключается в подаче части отработавших газов во впускную систему, где они перемешиваются со свежим зарядом топливовоздушной смеси, что приводит к уменьшению максимальной температуры цикла и, как следствие, к снижению содержания в продуктах сгорания оксидов азота. Количество направляемых во впускную систему отработавших газов регулируется в зависимости от режима работы двигателя. Управление рециркуляцией в электронных системах в соответствии с заданной программой осуществляется с помощью специальных клапанов рециркуляции. Для привода клапанов используют электропневматические устройства или дискретные двигатели. В клапанах с пропорциональной характеристикой и электропневматическим приводом предусматривают замкнутое регулирование с обратной связью по сигналам датчика перемещения клапана.

Клапан рециркуляции является довольно сложным узлом системы управления двигателем. Для того чтобы клапан в течение длительного времени мог работать в условиях высоких температур в химически агрессивной среде, в его конструкции используются жаростойкие сплавы и коррозионно-стойкие материалы.

7.10. ДАТЧИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

7.10.1. Измерители расхода воздуха

Датчики расхода воздуха (измерители расхода воздуха или расходомеры) подразделяют на динамические и статические. Классификация расходомеров воздуха представлена на рис. 7.48.

К динамическим относятся датчики, в которых воздушный поток оказывает силовое воздействие на преобразователь. В зависимости от конструкции преобразователь может совершать колебательное, вращательное или поступательное движение. Силовое воздействие может быть преобразовано в какую-нибудь другую физическую величину.

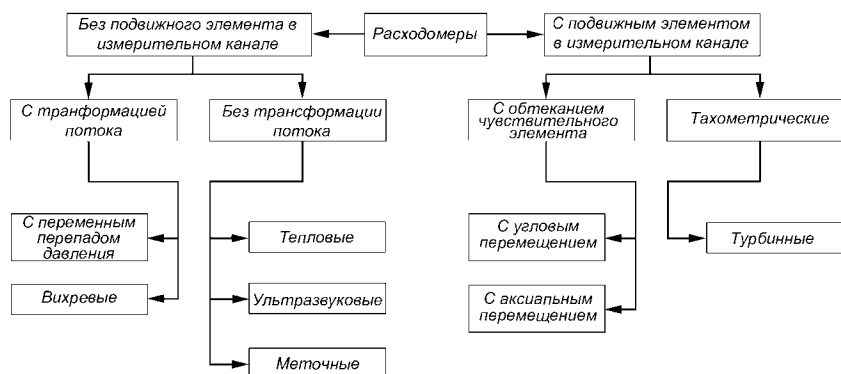


Рис. 7.48. Классификация расходомеров воздуха

В измерителе расхода воздуха с датчиком температуры (рис. 7.49) воздушный поток воздействует на заслонку 2, закрепленную на оси в специальном канале. Поворот заслонки потенциометром преобразуется в напряжение, пропорциональное расходу воздуха. Воздействие

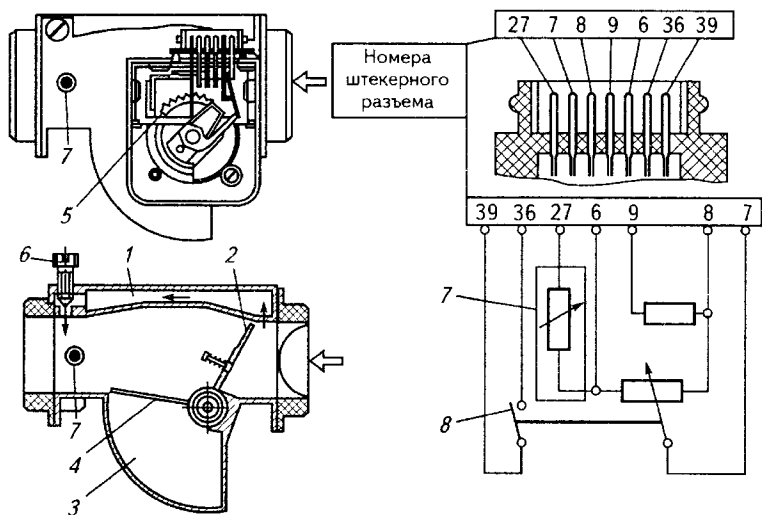


Рис. 7.49. Измеритель расхода воздуха с датчиком температуры:

1 — обводной канал; 2 — измерительная заслонка; 3 — демпферная камера; 4 — плита демфера; 5 — потенциометр; 6 — винт качества (состава) смеси в режиме холостого хода; 7 — датчик температуры; 8 — контакт топливного насоса

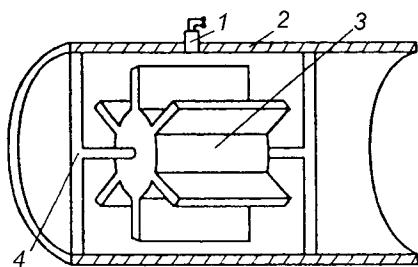


Рис. 7.50. Расходомер воздуха с лопаточным колесом фирмы "Бош":

1 — датчик; 2 — впускной трубопровод; 3 — колесо с прямоугольными лопастями; 4 — упругая торсионная растяжка

воздушного потока на заслонку 2 уравнивается пружиной. Демпферная камера 3 с пластиной 4, выполненной как одно целое с измерительной заслонкой 2, служит для гашения колебаний, вызванных пульсациями воздушного потока и динамическими воздействиями, характерными для движущегося автомобиля. На входе в измеритель расхода воздуха встроен датчик 7 температуры поступающего в двигатель воздуха. Недостатком измерителя расхода является наличие подвижных деталей и скользящего контакта.

Основным элементом расходомера воздуха фирмы "Бош" (рис. 7.50) является колесо 3 с прямоугольными лопастями и цилиндрической ступицей, на которой закреплены плоские лопасти из ферромагнитного материала. Колесо 3 устанавливается во впускном трубопроводе 2 на упругой торсионной растяжке 4. Проходящий по трубопроводу воздушный поток вызывает колебания колеса с частотой, пропорциональной массовому расходу воздуха. Частота колебаний регистрируется индуктивным датчиком 1, около которого колеблется торцовый конец лопасти.

Статические датчики расхода воздуха ионизационного, ультразвукового, вихревого и термоанемометрического типов не имеют подвижных деталей.

В ионизационных датчиках расход воздуха определяется по перемещению потока ионов во впускном трубопроводе в направлении движения потока воздуха. Поток ионов генерируется с помощью радиоактивных излучений или электромагнитных полей.

В ионизационном расходомере японской фирмы "Ниссан" (*Nissan*) (рис. 7.51) между парой электродов 4 с помощью высоковольтного генератора создаются импульсы высокого напряжения. Возникающий при каждом импульсе коронный разряд образует облако отрицательно заряженных ионов, которое со скоростью потока воздуха в трубопроводе движется к основному 1 и вспомогательному 2 приемным электродам. В момент, когда ионное облако подходит к электроду 1, в цепи электродов 1 и 2 возникает импульс тока, который регистриру-

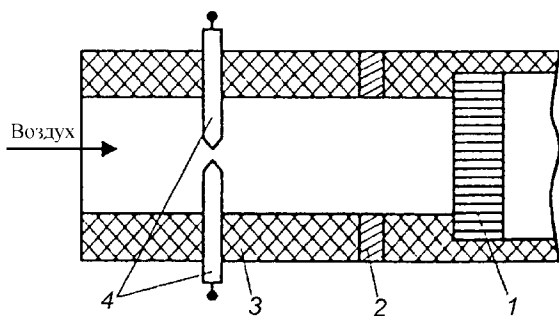


Рис. 7.51. Ионизационный расходомер фирмы "Ниссан":

1 — основной электрод; 2 — вспомогательный электропривод; 3 — трубопровод; 4 — рабочий электрод

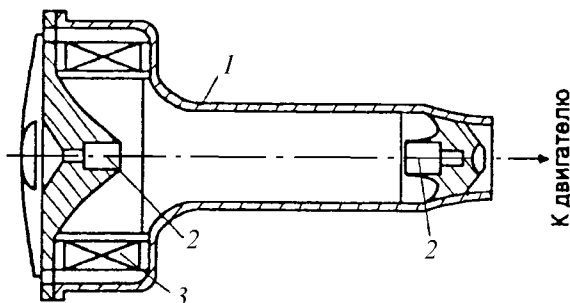


Рис. 7.52. Ультразвуковой расходомер воздуха фирмы "Фиат":

1 — воздушная магистраль; 2 — ультразвуковое приемопередающее устройство; 3 — воздушный фильтр

ется счетчиком импульсов. Как только возникает импульс тока в цепи приемных электродов, электронная схема выдает команду на новый искровой разряд. По частоте импульсов можно судить о скорости воздушного потока и массовом расходе воздуха.

Действие ультразвукового расходомера воздуха фирмы "Фиат" (*Fiat*) (рис. 7.52) основано на изменении интервала времени между моментом возбуждения ультразвукового импульса и моментом приема этого импульса в приемопередающем устройстве 2.

В вихревом расходомере (рис. 7.53) отходящие от вихреобразующего обтекаемого элемента 3 вихри регистрируют с помощью передатчика 1 и приемника 2 ультразвука. Завихрения уносятся потоком воздуха с определенной скоростью. Промежутки между завихрениями

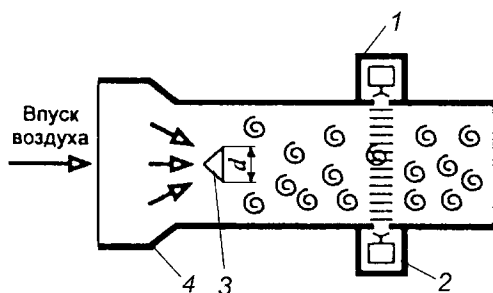


Рис. 7.53. Вихревой расходомер с ультразвуковой регистрацией вихрей:

1 — ультразвуковой передатчик; 2 — ультразвуковой приемник; 3 — виброобразующий обтекаемый элемент; 4 — канал воздушного потока

зависят только от обтекаемости элемента 3 и не зависят от плотности и других параметров воздуха.

Отличительной особенностью расходомера воздуха фирмы *Toyota* (рис. 7.54) с оптической регистрацией вихрей является очень малое сопротивление воздушному потоку.

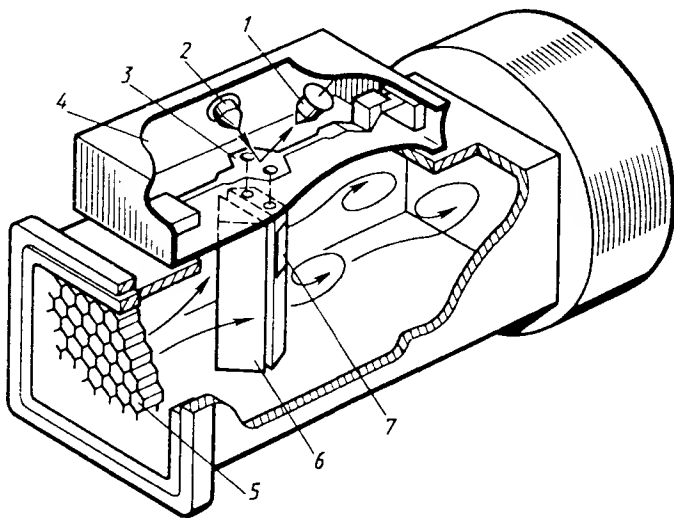


Рис. 7.54. Расходомер воздуха фирмы "Тойота":

1 — полупроводниковый фотозлемент; 2 — светодиод; 3 — зеркало; 4 — счетчик вихрей; 5 — стабилизирующая решетка; 6 — виброобразующий элемент; 7 — датчик давления

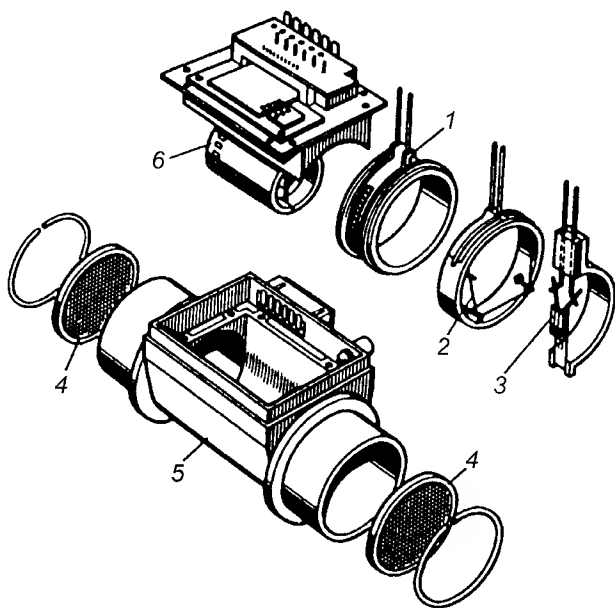


Рис. 7.55. Термоанемометрический измеритель расхода воздуха системы "LX-Jetronic":
 1 — прецизионный резистор; 2 — измерительный элемент; 3 — термокомпенсационный элемент; 4 — стабилизирующие решетки; 5 — пластмассовый корпус; 6 — внутренний измерительный канал, в котором располагаются элементы поз. 1, 2, 3 (на схеме показаны в увеличенном виде)

Термоанемометрический расходомер воздуха системы впрыскивания топлива "LX-Jetronic" представляет собой автономный блок, устанавливаемый во впускной трубопровод двигателя. Наиболее ответственной частью термоанемометра является внутренний измерительный канал 6 (рис. 7.55), состоящий из пластмассовых обойм, которые окружают несущие кольца нагреваемой платиновой нити диаметром 100 мкм и термокомпенсационного пленочного резистора. Корпус 5 имеет камеру для размещения электронного блока, который поддерживает постоянным перегрев нити относительно потока на уровне 150 °С путем регулирования силы тока измерительного моста. Выходным параметром измерителя расхода воздуха служит падение напряжения на прецизионном резисторе 1. На входе и выходе основного канала измерителя расхода воздуха установлены защитные сетки, которые одновременно выполняют функции стабилизирующих элементов.

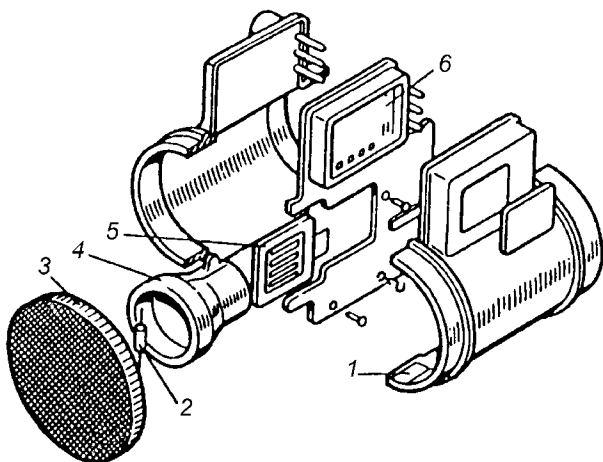


Рис. 7.56. Термоанемометрический расходомер с пленочным чувствительным элементом:
 1 – корпус; 2 – датчик температуры воздуха; 3 – стабилизирующая решетка; 4 – внутренний измерительный канал; 5 – чувствительный элемент; 6 – электронная схема

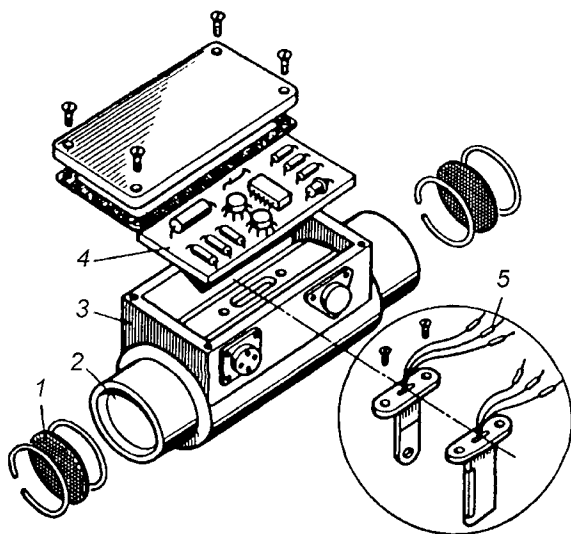


Рис. 7.57. Термоанемометрический расходомер воздуха на основе металлополимерных чувствительных элементов:
 1 – стабилизирующая решетка; 2 – канал; 3 – корпус; 4 – электронная схема; 5 – датчик

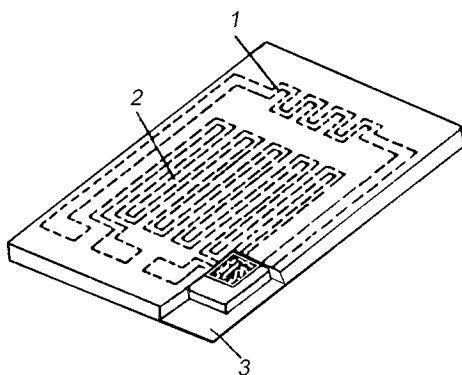


Рис. 7.58. Металлополимерный чувствительный элемент:

1 — измерительный терморезистор; 2 — термокомпенсационный резистор; 3 — полиамидный изоляционный материал

На рис. 7.56 показан автомобильный термоанемометрический расходомер воздуха с пленочным чувствительным элементом 5, включающим измерительный и термокомпенсационный резисторы. Пластмассовая рамка с чувствительным элементом размещается в измерительном патрубке измерителя расхода воздуха. Температура перегрева измерительного терморезистора поддерживается на уровне 70 °С с помощью электронной схемы управления.

Термоанемометрический расходомер на основе металлополимерных чувствительных элементов приведен на рис. 7.57. Рабочая решетка чувствительного элемента изготавливается из фольги методом фотолитографии. Металлополимерный чувствительный элемент содержит измерительный 1 (рис. 7.58) и термокомпенсационный 2 резисторы.

7.10.2. Измерители расхода топлива

Информация о расходе топлива на автомобиле необходима как для бортовых систем контроля, так и для адаптивных систем управления двигателем.

В электромеханических измерителях расхода топлива (расходомеры) турбинного типа (тахометрические) считывающими элементами при определении частоты вращения турбин являются светодиод инфракрасного излучения и фоторезистор. В расходомере предусмотрены демпфирующее устройство для гашения пульсаций потока, систе-

мы для удаления воздушных пробок из потока топлива, а также система термокомпенсации.

В одном из вариантов теплового измерителя расхода топлива датчик имеет четыре терморезистора, соединенных в мостовую схему и размещенных по периферии на тонкой квадратной подложке. Поток жидкости омывает терморезисторы и в большей степени охлаждает те из них, которые расположены перпендикулярно потоку. В диагонали моста возникает разностный сигнал, фиксирующий расход топлива.

В системах впрыскивания топлива следует учитывать количество топлива, поступающего от форсунок или стабилизатора давления обратно в топливный бак, и компенсировать влияние пульсаций потока топлива и вибрацию двигателя на показания измерителей расхода топлива.

7.10.3. Датчики давления

Датчикам давления с чувствительным элементом — мембраной 3 (рис. 7.59, а) присущи существенные недостатки: наличие механических элементов и сравнительно большое число звеньев в цепи передачи информации, что отрицательно сказывается на точности и надежности измерительной системы.

В бесконтактных индуктивных датчиках (рис. 7.59, б) при перемещении чувствительного элемента — мембранной камеры 9 изменяется воздушный зазор в магнитопроводе, магнитное сопротивление магнитопровода и индуктивность катушки. Катушка включена в измерительный мост. При разбалансировке моста появляется электрический сигнал, поступающий в блок управления. Применение микроэлектронной технологии позволило перейти к полностью статическим конструкциям датчиков. На рис. 7.59, в показан интегральный датчик давления с полупроводниковыми тензоэлементами.

Интегральный датчик абсолютного давления фирмы "Бош" (рис. 7.60) предназначен для систем управления двигателями. В датчике слоями кремния и порошкового материала образована рабочая камера сферообразной формы. Полупроводниковые чувствительные элементы 3 расположены в стенках рабочей камеры. Электронная схема 1 обработки сигнала размещена на той же плате, что и датчик.

В конструкцию датчика НVP130 высокого давления топлива (рис. 7.61) для аккумуляторных ЭТС, который можно отнести к категории интеллектуальных, входит электронная система стабилизации характеристик, диагностирования и защиты (ASIS).

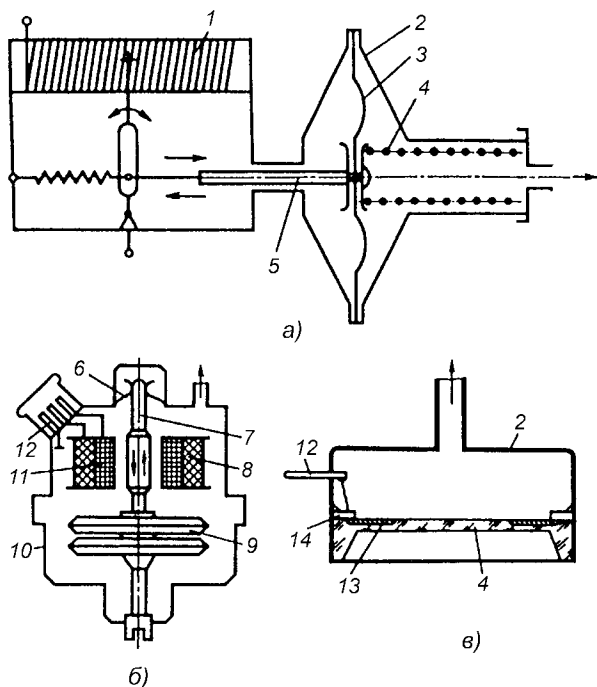


Рис. 7.59. Датчики давления:

а — с мембранным чувствительным элементом; *б* — бесконтактный индуктивный; *в* — интегральный с полупроводниковыми тензoeлементами; 1 — потенциометр; 2 — корпус мембранного механизма; 3 — мембрана; 4 — калиброванная пружина; 5 — шток; 6 — амортизатор; 7 — магнитопровод; 8 — первичная обмотка; 9 — мембранная камера; 10 — корпус; 11 — вторичная обмотка; 12 — электрические контакты; 13 — полупроводниковые тензорезисторы; 14 — контактные площадки

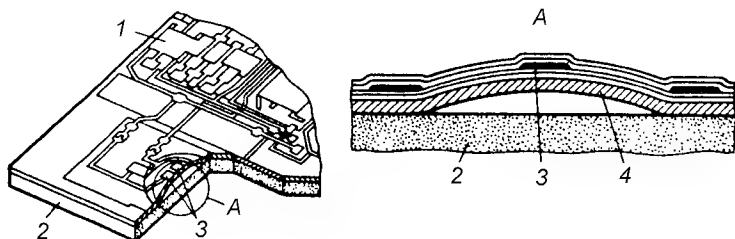


Рис. 7.60. Интегральный датчик абсолютного давления фирмы Bosch:

1 — электронная схема обработки сигнала; 2 — основание; 3 — чувствительный элемент; 4 — мембрана

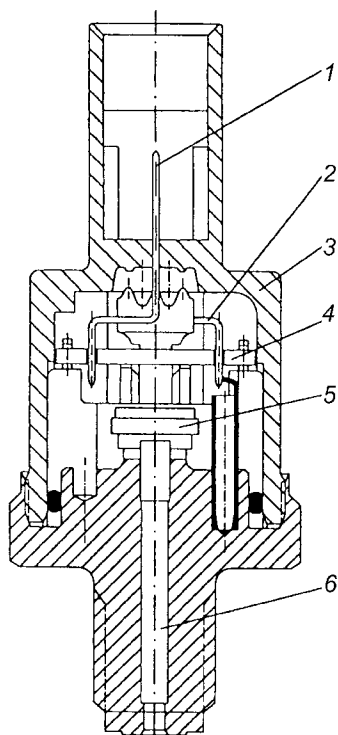


Рис. 7.61. Датчик высокого давления топлива HVP130:

1 — контактный разъем; 2 — соединительный провод; 3 — составной корпус датчика; 4 — система ASIS; 5 — чувствительный элемент; 6 — канал подвода топлива

Чувствительным элементом 5 датчика является гибкая мембрана из антикоррозионной стали, на которой размещены полисиликоновые тензодатчики, соединенные в мостовую схему. Тензодатчики напыляются на слой диоксида кремния SiO_2 . Под действием высокого давления мембрана деформируется, электрическое сопротивление тензодатчиков изменяется, что приводит к разбалансировке моста. Напряжение разбалансировки моста пропорционально давлению топлива. Система ASIS обеспечивает индивидуальную компенсацию погрешностей датчика и электронной части измерительной системы и защиты от обрывов в цепи электроснабжения, повышенного напряжения и изменения полярности напряжения электроснабжения.

7.10.4. Датчики температуры

В автотракторных системах контроля в качестве датчиков температуры широко используются полупроводниковые терморезисторы, размещаемые в металлическом корпусе, имеющем разъем для включения датчика в измерительную цепь.

В электронных системах управления двигателями находят применение более совершенные типы датчиков температуры, обладающие высокой стабильностью и малым технологическим разбросом номинального сопротивления, высокой технологичностью, малой инерционностью и простотой конструкции. Это — интегральные датчики температуры, которые представляют собой однокристалльные термочувствительные полупроводниковые элементы с перифе-

рийными схемами (усилители и т.д.). Выходным сигналом датчика является напряжение. К таким датчикам можно отнести датчики на основе термочувствительных ферритов и конденсаторов, в которых используются зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости от температуры. Однако из-за сложности конструкции они нетехнологичны.

По разным причинам (нетехнологичность, сложность конструкции, высокая стоимость и т.д.) на автомобилях и тракторах пока не находят применения термоэлектрические датчики, датчики на основе кварцевых резонаторов и многие другие.

7.10.5. Датчики положения и перемещения

Для определения положений дроссельной заслонки и угловой скорости перемещения (частоты вращения) коленчатого вала применяют датчики контактного типа.

Основой потенциометрического датчика является пленочный резистор с несколькими контактными дорожками, с которыми контактируют упругие токосъемные элементы. Токосъемные элементы связаны с осью датчика и перемещаются вместе с ней. Токосъемные элементы обеспечивают получение сигналов ускорения при резком открытии дроссельной заслонки, при холостом ходе двигателя, а также с их помощью поступает информация о положении дроссельной заслонки (полное или близкое к этому открытию дроссельной заслонки).

Основные требования к датчику положения дроссельной заслонки: высокая долговечность и стабильность работы при отсутствиидребезга контактов. Данные требования выполняются за счет подбора износостойких материалов дорожек и контактных площадок токосъемных элементов.

Недостатки электромеханических датчиков контактного типа отсутствуют в бесконтактных датчиках, в частности оптоэлектронных датчиках с кодирующим диском. Кодирующий диск имеет прорезы или прозрачные площадки. По разным сторонам диска установлены источники света и фоточувствительные элементы (обычно фотодиоды). При вращении диска свет попадает на определенную комбинацию фотодиодов (фотоэлементов), что позволяет определить угол поворота диска.

Индуктивные датчики перемещения в электронных системах управления двигателем используются в основном для измерения

частоты вращения коленчатого или распределительного вала двигателя. Они предназначены также для определения ВМТ первого цилиндра или другой специальной метки, служащей началом отсчета для системы управления, чем обеспечивается синхронизация функционирования системы управления с рабочим процессом двигателя.

Индукционная катушка датчика размещена вокруг постоянного магнита, полюс которого со стороны, обращенной к объекту вращения, например, к зубчатому венцу маховика, имеет магнитопровод из магнитомягкого материала. Магнитопровод установлен с небольшим зазором относительно зубьев вращающегося зубчатого венца маховика.

При перемещении зубьев относительно магнитопровода величина зазора между ними меняется. Это вызывает изменение магнитной индукции и появление двухполярного электрического импульса в индукционной катушке. Две пикообразных полуволны импульса расположены симметрично относительно оси, проходящей через нулевую точку, а нулевая точка соответствует центру каждого зуба, что позволяет с большой точностью определить их положение. Зависимости выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ индуктивного датчика от зазора и частоты f изменения магнитной индукции приведены на рис. 7.62.

Амплитуда выходного сигнала датчика зависит от длины воздушного зазора между магнитопроводом и маркерным зубом и от скорости изменения магнитной индукции, зависящей от скорости перемещения зуба.

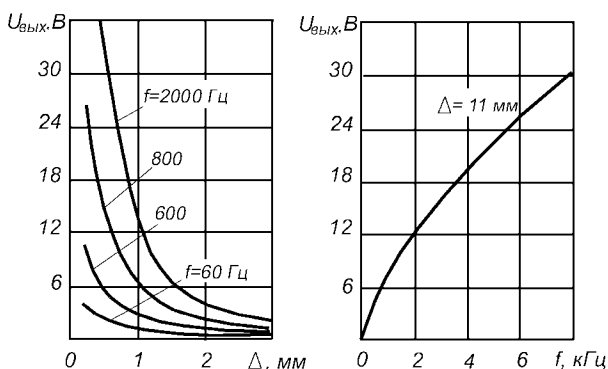


Рис. 7.62. Зависимости выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ индуктивного датчика от зазора Δ и частоты f изменения магнитной индукции

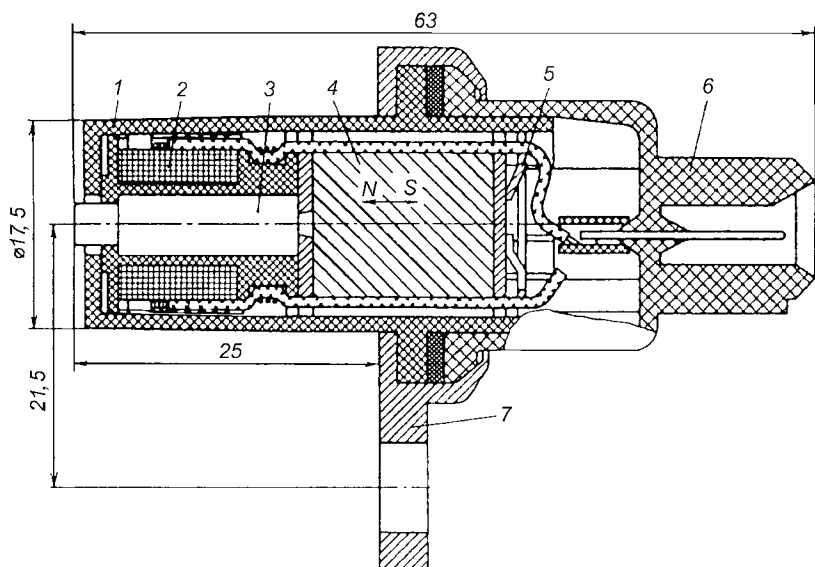


Рис. 7.63. Индуктивный датчик:

1 – корпус; 2 – индукционная катушка; 3 – магнитопровод; 4 – магнит из феррита бария; 5 – пружинное кольцо; 6 – крышка со штекерами; 7 – фланец

Индуктивные датчики (рис. 7.63) относятся к числу наиболее надежных датчиков в электронных системах управления автомобильных двигателей.

7.10.6. Датчики кислорода (λ -зонды)

Известны два типа датчиков кислорода. В одном из них чувствительным элементом является диоксид циркония ZrO_2 , во втором – диоксид титана TiO_2 . Оба типа датчиков реагируют на парциальное давление кислорода.

Циркониевый датчик (рис. 7.64, а) кислорода имеет два электрода – внешний 4 и внутренний 5. Оба электрода выполнены из пористой платины или ее сплава и разделены слоем твердого электролита. Электролитом является диоксид циркония ZrO_2 с добавлением оксида иттрия Y_2O_3 для повышения ионной проводимости электролита. Среда, окружающая внутренний электрод, имеет постоянное парциальное давление кислорода. Внешний электрод омывается потоком

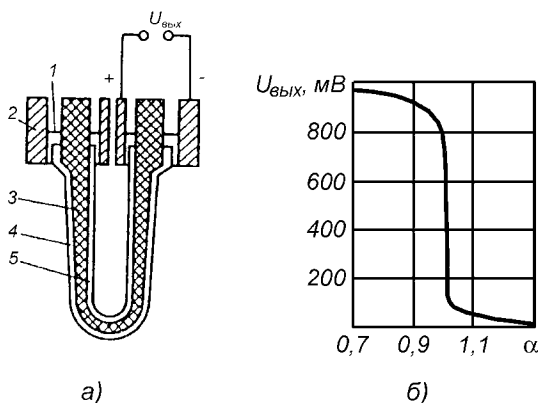


Рис. 7.64. Циркониевый датчик кислорода:

а — конструктивная схема; *б* — рабочая характеристика; 1 — электроприводное уплотнение; 2 — корпус; 3 — твердый электролит; 4, 5 — внешний и внутренний электроды

отработавших газов в выпускной системе двигателя с переменным парциальным давлением кислорода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внешнем и внутреннем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между ними.

При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной топливовоздушной смеси ($\alpha < 1$), датчик как гальванический элемент генерирует высокое напряжение (700–1000 мВ). При переходе на обедненную топливовоздушную смесь ($\alpha > 1$) парциальное давление кислорода в отработавших газах заметно увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения на выходе датчика до 50–100 мВ. Такое резкое падение напряжения датчика (рис. 7.64, б) при переходе от обогащенных к обедненным топливовоздушным смесям позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью не более $\pm 0,5\%$.

Конструкции датчиков кислорода на основе диоксида циркония показаны на рис. 7.65.

Принцип работы датчика кислорода на основе диоксида титана TiO_2 (рис. 7.66) основан на изменении электропроводности TiO_2 при изменении парциального давления кислорода в выпускной системе. Параллельно чувствительному элементу 1 датчика подключен термистор для компенсации влияния температуры на сопротивление соединения TiO_2 .

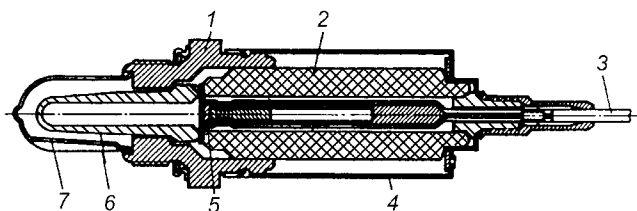


Рис. 7.65. Датчик кислорода на основе диоксида циркония:

1 — металлический корпус; 2 — уплотнение; 3 — соединительный кабель; 4 — кожух; 5 — контактный стержень; 6 — активный элемент из двуоксида циркония; 7 — защитный колпачок с прорезями

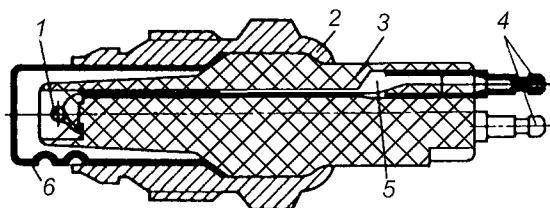


Рис. 7.66. Датчик кислорода на основе диоксида титана:

1 — чувствительный элемент; 2 — металлический корпус; 3 — изолятор; 4 — входные контакты; 5 — уплотнение; 6 — защитный кожух

Интерес представляет датчик кислорода, принцип действия которого основан на использовании парамагнитных свойств кислорода. В датчике находится магнитный контур с зазором. С изменением содержания кислорода в смеси газов, проходящих через зазор, изменяются магнитный поток в контуре и сила возбуждающего тока. По колебаниям этого тока можно судить о концентрации кислорода в отработавших газах.

7.10.7. Датчики начала контролируемых процессов

К данной группе датчиков относятся датчики начала впрыска топлива, начала горения топливовоздушной смеси, детонации и др.

Датчики начала впрыска топлива преимущественно применяются на дизелях, но могут использоваться в бензиновых двигателях с электронными системами впрыска. Работа таких датчиков основана на изменении положения иглы топливной форсунки.

В контактном датчике имеет место электрический контакт между иглой и корпусом форсунки при закрытом жиклере. В момент начала

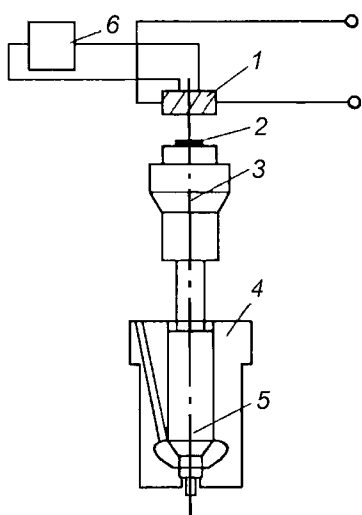


Рис. 7.67. Датчик начала впрыскивания топлива с преобразователем Холла:

1 — преобразователь Холла; 2 — постоянный магнит; 3 — седло пружины; 4 — корпус форсунки; 5 — корпус иглы; 6 — источник постоянного тока

впрыска, когда игла поднимается, электрическая цепь разрывается и на измерительном резисторе возникает выходной сигнал.

В датчике начала впрыскивания топлива с преобразователем Холла (рис. 7.67) на тыльную сторону штока иглы наклеен небольшой магнит, перемещение которого вызывает появление ЭДС Холла в полупроводниковом кристалле.

7.11. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ВПРЫСКА ТОПЛИВА

7.11.1. Электромагнитные форсунки

Работа электромагнитной форсунки связана с протекающими одновременно гидравлическими, механическими, электромагнитными и электрическими процессами, поэтому она является одним из наиболее ответственных элементов в системе впрыскивания топлива.

Форсунки открываются автоматически и осуществляют дозирование и распыливание топлива. Обычно форсунки разрабатываются для каждой модели автомобиля и двигателя, они постоянно совершенствуются.

Форсунки работают в импульсном режиме при частоте срабатывания от 10 до 200 Гц в условиях вибрации двигателя, повышенных температур. Они должны обеспечивать линейность характеристики дозирования топлива в пределах 2–5 % на протяжении всего срока службы (около 600 млн циклов срабатывания).

Сигнал на начало впрыскивания топлива подается на обмотку *1* (рис. 7.68) электромагнита, размещенную в металлическом кор-

Рис. 7.68. Электромагнитная форсунка:

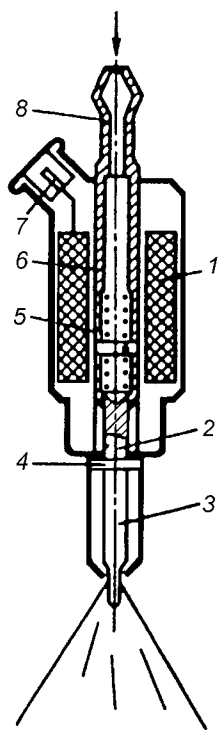
1 — обмотка электромагнита; 2 — якорь; 3 — запирающий элемент; 4 — упор; 5 — пружина; 6 — магнитопровод; 7 — выводы; 8 — штуцер для топлива

пусе. В корпусе расположен также запирающий элемент 3 клапана, прижимаемый к седлу пружиной 5. Когда на обмотку электромагнита от электронного блока управления подается электрический импульс прямоугольной формы определенной длительности, запирающий элемент перемещается, преодолевая сопротивление пружины, и открывает отверстие распылителя. Топливо поступает в двигатель. После прекращения электрического сигнала запирающий элемент под действием пружины возвращается в седло. Количество впрыскиваемого топлива за цикл при постоянстве давления на входе в форсунку зависит только от длительности управляющего импульса.

При эксплуатации форсунки время открытого состояния клапана не совпадает с длительностью управляющего импульса. После подачи управляющего электрического импульса на форсунку в обмотке электромагнита возникает ток самоиндукции, препятствующий нарастанию магнитного потока в системе. Открытие клапана происходит с задержкой по времени (рис. 7.69). При прекращении подачи управляющего импульса в результате самоиндукции сохраняющийся магнитный поток будет препятствовать быстрому отпусканию запирающего элемента.

Повысить быстродействие электромагнитной форсунки можно за счет уменьшения числа витков обмотки электромагнита и ее индуктивности. Однако при этом уменьшается сопротивление обмотки и увеличивается сила потребляемого ею тока. Для ограничения силы тока последовательно с обмоткой включают резистор.

В электромагнитных форсунках (рис. 7.70) используются три вида запирающих элементов клапана: плоский (дисковый), конусный (штифтовый), сферический (шариковый).



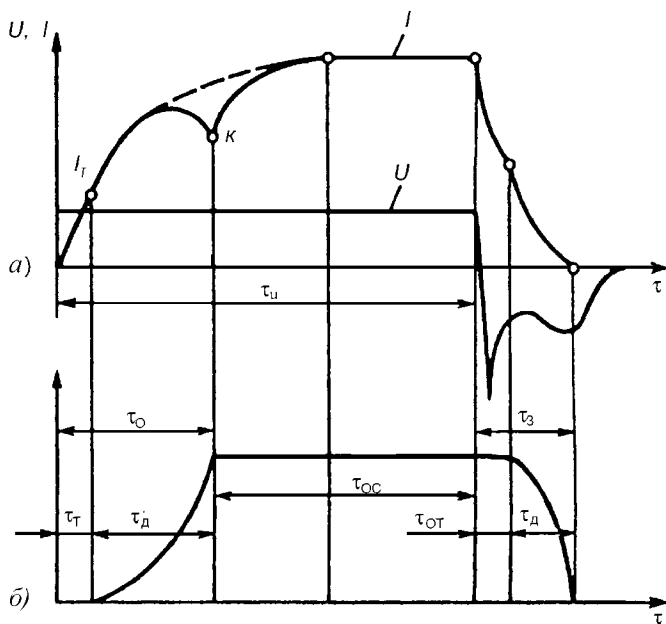


Рис. 7.69. Диаграммы изменения электрических и механических параметров электромагнитной форсунки:

I, U — сила тока обмотки электромагнита и напряжение на ее выводах; I_T — сила тока в момент трогания запирающего элемента; K — начало открытого состояния запирающего элемента; τ_o — фаза открытия клапана; τ_T, τ'_d — периоды трогания с места и движения запирающего элемента при открытии клапана; τ_{oc} — фаза открытого состояния форсунки; τ_z — фаза закрытия клапана; $\tau_{от}, \tau_d$ — периоды отпущения и движения запирающего элемента при закрытии клапана; $\tau_{и}$ — длительность управляющего электрического импульса

Плоский запирающий элемент 3 форсунки (см. рис. 7.70, а) из магнитомягкой стали в центральной части имеет стальную вставку, которая предотвращает появление кольцевой выработки в месте его посадки на седло клапана. Рабочий ход запирающего элемента составляет 0,15 мм и ограничивается специальным дистанционным кольцом. В форсунке применена поляризованная электромагнитная система, которая кроме обмотки электромагнита включает кольцевую вставку из магнитотвердого сплава, создающего поляризующий магнитный поток. При этом появилась возможность увеличить усилие пружины 4, что повысило герметичность клапана. Усилие пружины может регулироваться специальным винтом 9, за-

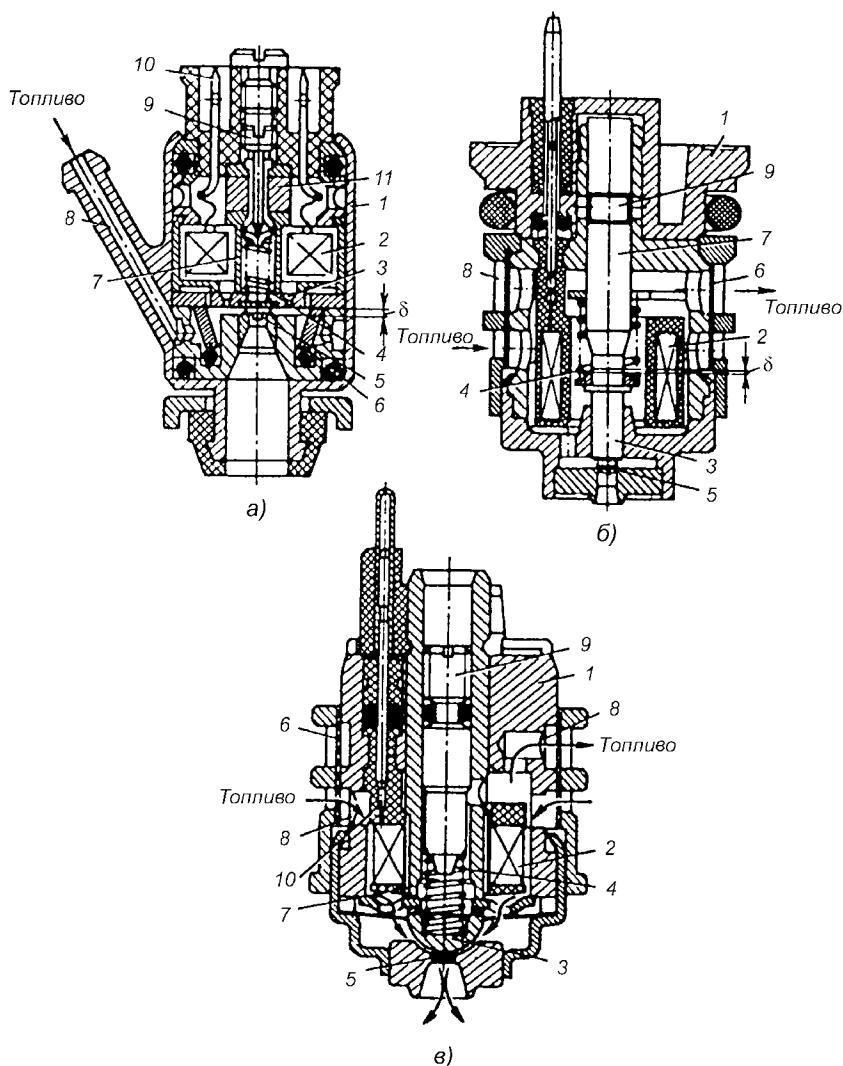


Рис. 7.70. Электромагнитные форсунки:

а, б, в соответственно с плоским, конусным и сферическим запирающими элементами; *1* корпус; *2* обмотка электромагнита; *3* запирающий элемент; *4* пружина; *5* жиклер клапана; *6* топливный фильтр; *7* магнитопровод; *8* топливные каналы; *9* регулировочный винт; *10* электрические контакты; *11* магнитная вставка; δ рабочий ход запирающего элемента

крытым пробкой. Внутри форсунки размещен топливный фильтр *б* в виде кольца из порошкового материала, так как при попадании загрязнений (частиц размером более 30–40 мкм) клапан форсунки может потерять герметичность.

Форсунки с конусным запирающим элементом (рис. 7.70, *б*) получили наибольшее распространение. Форсунки имеют нижний подвод топлива, обеспечивающий его постоянную циркуляцию через форсунку, лучшее охлаждение электромагнитной системы и лучшие условия для отвода пузырьков газа.

Преимущество сферического запирающего элемента (рис. 7.70, *в*) в форсунке состоит в том, что сферические элементы обладают хорошими герметизирующими свойствами и способностью к центрированию в седле клапана.

Форсунки для распределенного и центрального впрыска отличаются по размерам, способу крепления на двигателе, способу подвода топлива и по сопротивлению обмоток электромагнита.

Дополнительная пусковая форсунка (рис. 7.71) отличается по конструкции от рабочих. Обычно она состоит из корпуса с фланцем кре-

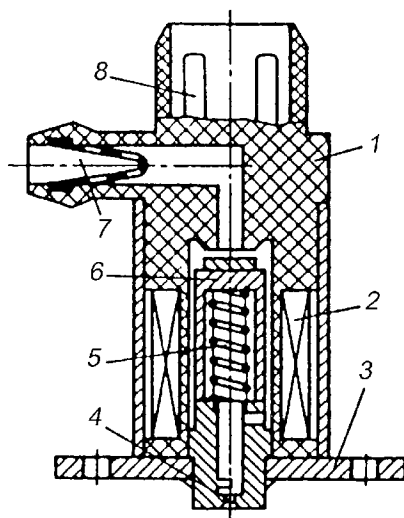


Рис. 7.71. Пусковая форсунка:

1 — пластмассовый каркас; *2* — обмотка электромагнита; *3* — фланец крепления форсунки; *4* — распылитель; *5* — пружина; *6* — запирающий элемент; *7* — топливоподводящий штуцер с фильтрующим элементом; *8* — электрические контакты

пления 3, в который завальцован пластмассовый каркас 1 обмотки 2 электромагнита. Запирающий элемент 6 клапана является якорем электромагнита. В нижней части корпуса расположен центробежный распылитель. При подаче топлива пусковая форсунка постоянно находится в открытом состоянии.

7.11.2. Электрогидравлические форсунки и насос-форсунки

Впрыск топлива в цилиндры дизелей с микропроцессорным управлением осуществляют аккумуляторными топливными системами через электрогидравлические форсунки. Такие форсунки имеют комбинированное исполняющее устройство, содержащее последовательно действующие электромагнитный клапан и гидропривод.

Игла 1 (рис. 7.72) электрогидравлической форсунки перекрывает подачу топлива к распыливающим отверстиям. Свободный торец поршня 2, сопряженного с иглой, входит в управляющую камеру 3. В управляющую камеру топливо поступает из аккумулятора через канал с повышенным гидравлическим сопротивлением, создаваемым дросселирующим элементом 7. Камера 3 сообщается со сливом через сливной канал, в котором расположен нормально закрытый затвор управляющего клапана 4 с возвратной пружиной 6, приводимого в действие электромагнитом с обмоткой 5.

При открытии управляющим клапаном слива из камеры 3 давление топлива в ней снижается из-за наличия дросселирующего элемента в подводящем канале. Давление под иглой становится больше, чем в камере 3, игла 1 поднимается вверх, открывая по-

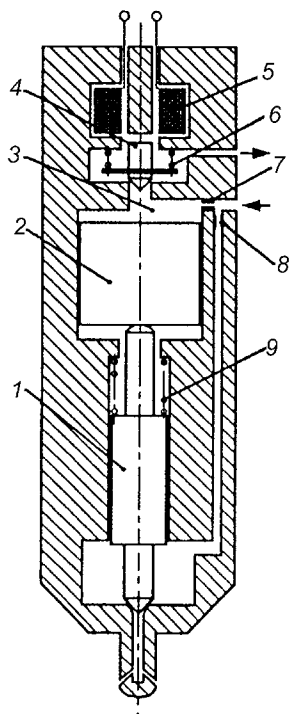


Рис. 7.72. Электрогидравлическая форсунка:
1 — игла; 2 — поршень; 3 — управляющая камера;
4 — управляющий клапан; 5 — обмотка электромагнита; 6 — возвратная пружина; 7, 8 — дросселирующие элементы; 9 — пружина

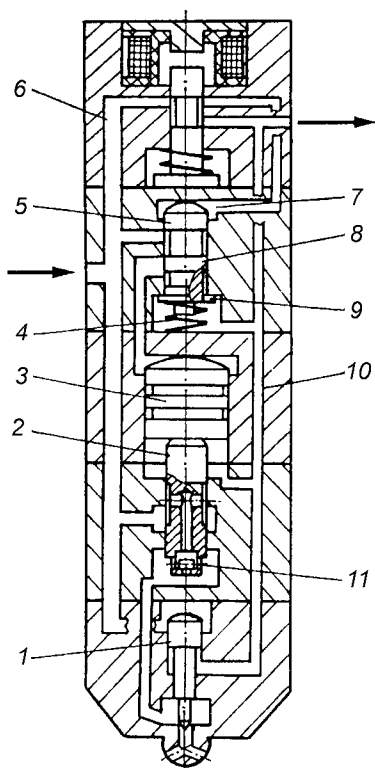


Рис. 7.73. Электрогидравлическая насос-форсунка с гидравлическим усилением в приводе мультипликатора:

1 — игла форсунки; 2 — нагнетательный плунжер; 3 — приводной плунжер; 4 — пружина; 5 — гидроприводной управляющий клапан-золотник; 6 — магистраль среднего давления; 7 — управляющая полость золотника; 8 — средний поясек золотника; 9 — паз золотника; 10 — магистраль среднего и низкого давления; 11 — клапан плунжера

дачу топлива в цилиндр двигателя. Когда управляющий клапан закрывается, игла перемещается вниз под действием большего давления топлива в управляющей камере. Движение иглы 1 вниз происходит также под действием пружины 9 или за счет пониженного давления топлива под иглой вследствие наличия дросселирующего элемента 8 в канале впрыскивания топлива.

Недостатком рассмотренной форсунки являются повышенные потери энергии из-за расхода топлива в канале управления через управляющую камеру на слив. Расход топлива на слив может в 2—3 раза превышать подачу топлива в цилиндр.

В электрогидравлической насос-форсунке (рис. 7.73) с гидравлическим усилением в приводе мультипликатора использован усиленный гидравлический каскад, содержащий клапан-золотник с двумя управляющими кромками на пояске 8, открывающими и закрывающими каналами с проходным сечением, в несколько раз большим, чем у электромагнитного клапана. Электромагнитный клапан управляет давлением в управляющей полости клапана-золотника. Во включенном состоянии клапан соединяет управляющую полость со сливом, а в выключенном состоянии с магистралью среднего давления. Мультипликатор образован нагнетательным плунжером 2 и приводным поршнем 3.

Сила давления, запирающая иглу форсунки, создается поршнем, который постоянно сообщен с магистралью 6 среднего давления. За-

пирающая иглу сила изменяется пропорционально давлению на входе в насос-форсунку.

7.11.3. Исполнительные устройства с электродвигателями

Для подачи топлива к форсункам в системах впрыскивания топлива используются электрические топливные насосы (рис. 7.74), как правило, насосы роторного типа. Насосы с электроприводом могут устанавливаться как вне, так и внутри топливного бака. При внешней установке насос представляет собой автономный агрегат, объединяющий насос и электродвигатель в одном корпусе.

При размещении в баке насос выполняется в виде агрегата (рис. 7.75), включающего собственно насос, топливопроводы, демпфирующее устройство, фильтр, провода электроснабжения и т.д. Схема топливоподдачи с таким насосным агрегатом приведена на рис. 7.76.

На рис. 7.77 представлен регулятор холостого хода с приводным дискретным электродвигателем. Дискретный электродвигатель имеет четыре обмотки управления. Обмотки размещены на статоре. В продольных пазах ротора установлены постоянные магниты с чередую-

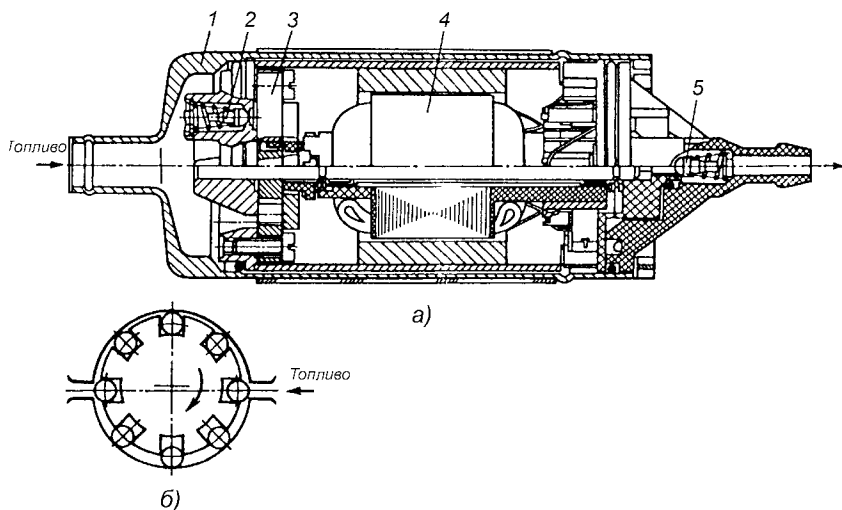


Рис. 7.74. Электрический топливный насос:

а — продольный разрез; *б* — схема действия; 1 — корпус насоса; 2 — предохранительный клапан; 3 — роликовый насос; 4 — электродвигатель; 5 — обратный клапан

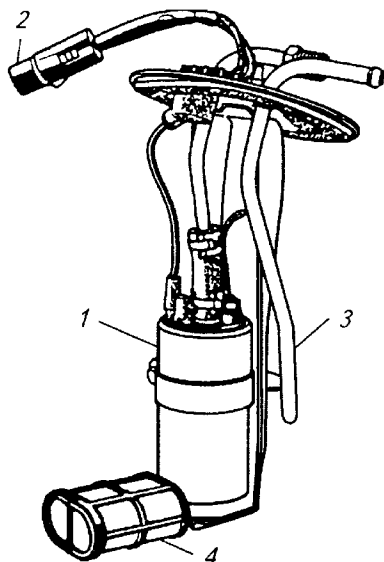


Рис. 7.75. Топливный насос, устанавливаемый в топливном баке:

1 — насос; 2 — штекер; 3 — патрубок для слива топлива; 4 — фильтр на входе в топливный насос

щимся расположением полюсов. Управление двигателем осуществляется с помощью электрических импульсов различной полярности, подаваемых на обмотки в определенной последовательности.

Малогабаритные электродвигатели постоянного тока используются для регулирования расхода воздуха на холостом ходу путем перемещения дроссельной заслонки. Вал электродвигателя через редуктор связан с цилиндрическим толкателем, который непосредственно воздействует на подпружиненный рычаг заслонки.

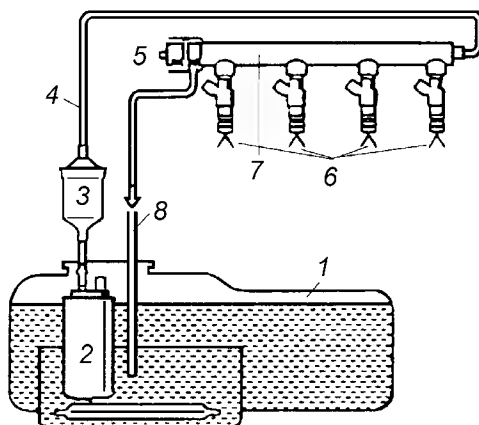


Рис. 7.76. Схема топливоподачи с топливным насосом, установленным в топливном баке:

1 — топливный бак; 2 — топливный насос с электроприводом; 3 — топливный фильтр; 4 — нагнетательная магистраль высокого давления; 5 — регулятор давления топлива; 6 — форсунки; 7 — топливопровод; 8 — возвратная топливная магистраль

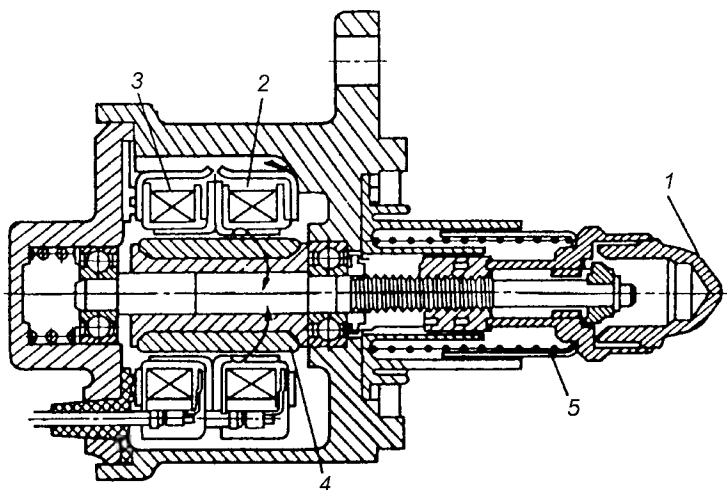
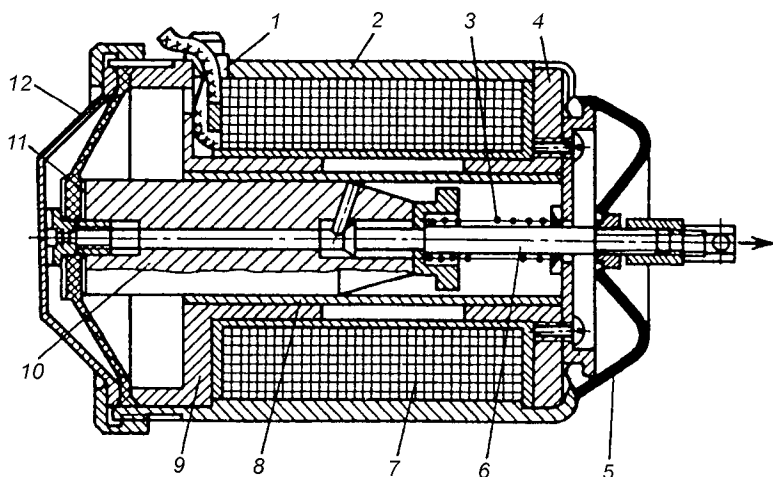


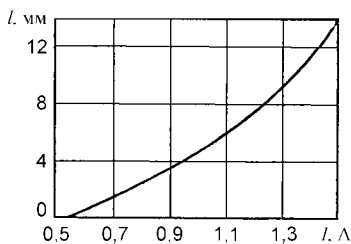
Рис. 7.77. Регулятор холостого хода с дискретным электродвигателем:
 1 дросселирующий элемент; 2, 3 обмотки дискретного электродвигателя; 4 — ротор дискретного электродвигателя; 5 пружина

7.11.4. Исполнительное устройство для управления дроссельной заслонкой

В системах дистанционного управления дроссельной заслонкой для ограничения частоты вращения коленчатого вала двигателя нашли применение электромагниты (рис. 7.78, а) следящего действия. Следящее действие, когда каждому значению силы тока в обмотке 7 соответствует определенное перемещение якоря 10 и штока 6, обеспечивается благодаря отсутствию центрального неподвижного магнитопровода. По мере втягивания якоря внутрь полости электромагнита развиваемое им тяговое усилие остается примерно постоянным или даже несколько уменьшается. На характер зависимости хода l якоря от силы тока I (рис. 7.78, б) влияют форма наконечника якоря и параметры пружины 3 переменной жесткости. Резиновая мембрана 11 воздушного демпфирующего элемента гасит возможные колебания якоря.



а)



б)

Рис. 7.78. Электромагниты следящего действия для привода дроссельной заслонки карбюратора:

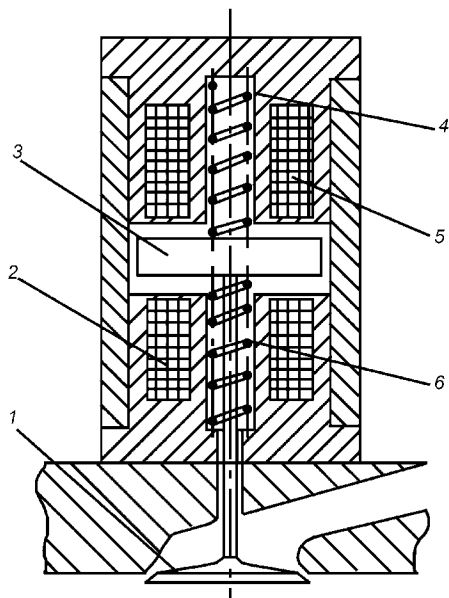
а конструкция; *б* рабочая характеристика; 1 обмотка; 2 корпус; 3 возвратная пружина; 4 передний полюс; 5 чехол; 6 шток; 7 управляющая обмотка; 8 центрирующая втулка; 9 задний полюс; 10 – якорь; 11 – мембрана; 12 – крышка

7.11.5. Электромагнитные клапаны системы газораспределения

Электромагнитный привод клапанов позволяет отказаться от механических силовых и управляющих связей в системе газораспределения, что открывает новые возможности для оптимизации рабочих процессов двигателя. При использовании электронно-управляемых электромагнитов для привода клапанов можно обеспечить управление фа-

Рис. 7.79. Электромагнитный клапан газораспределения:

1 — клапан; 2, 5 — обмотки электромагнитов; 3 — якорь; 4, 6 — пружины



зами открытия и закрытия клапанов независимо от частоты вращения коленчатого вала и положения поршней в цилиндрах. Существенное влияние электромагнитный привод клапанов системы газораспределения оказывает на конструктивное исполнение двигателя: нет необходимости в применении распределительного вала и устройств для дросселирования воздушного потока во впускном трубопроводе; упрощается конструкция головки цилиндров и впускного трубопровода.

Электронное управление фазами газораспределения позволяет осуществлять прокручивание коленчатого вала без сжатия воздуха в цилиндрах при пуске дизеля. При этом существенно сокращаются продолжительность пуска и затраты энергии на его осуществление.

В клапане системы газораспределения с электромагнитами—соленоидами двойного действия (рис. 7.79) и притягиваемым якорем применены две встречно действующие пружины 4 и 6. Когда электромагниты отключены от источника электроснабжения, пружины удерживают якорь и клапан в промежуточном приоткрытом положении. Электрическая энергия используется только на удержание в промежуточном положении, для компенсации потерь в обмотках и магнитопроводах соленоидов, потерь на демпфирование пружин и потерь на трение в направляющих клапана.

8. СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

8.1. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

8.1.1. Назначение световых приборов

Безопасность автомобилей при движении по дорогам и тракторов при выполнении технологических операций, особенно в темное время суток, во многом зависит от состояния систем освещения и световой сигнализации. Световые приборы предназначены для обеспечения качественной работы в различных условиях эксплуатации, для освещения дороги, передачи информации о габаритных размерах автомобиля и трактора и техническом состоянии их отдельных систем, предполагаемом и совершаемом маневрах, для освещения номерного знака, кабины, контрольно-измерительных приборов, подкапотного пространства, багажника и т.д.

Большую часть информации о дорожной обстановке и состоянии автомобиля водитель получает через органы зрения. Безопасность движения зависит от видимости объектов на дороге, которая, в свою очередь, определяется интенсивностью освещения, типом и состоянием дорожного покрытия, характеристиками органов зрения водителя и объектов на дороге. Автотракторные световые приборы должны обеспечивать хорошую видимость и необходимую информативность в широком диапазоне расстояний и в различных погодных условиях, не вызывая ослепления водителей встречного транспорта в темное время суток.

С наступлением темноты видимость дороги и предметов на ней ухудшается вследствие недостаточной или неравномерной их освещенности. Видимость ухудшается также во время дождя, снегопада или пылевой бури, при уменьшении прозрачности лобового стекла, а также с увеличением расстояния до объекта различения. При движении в условиях ограниченной видимости увеличивается вероятность дорожно-транспортного происшествия. От дальности видимости за-

висит допустимая скорость автомобиля. Безопасность движения обеспечивается в том случае, если дальность видимости дороги превышает путь автомобиля при торможении.

Зрительная работа водителя сложнее ночью при освещении дороги фарами. В темное время суток ограничено время обнаружения объектов на дороге, так как в поле зрения водителя они появляются на расстояниях, определяемых дальностью освещения дороги фарами. Поле зрения водителя ограничено углом рассеяния света фар. При попадании в глаза водителя света фар встречного автомобиля или фонарей впереди идущего транспортного средства возможно как ослепление, так и ощущение дискомфорта. Дискомфорт становится ощутимее при увеличении яркости световых отверстий фар, фонарей и их угловых размеров. Особенно тяжелые условия работы глаз водителя возникают при переключении света фар и колебаниях светового пучка фар автомобиля, движущегося по неровной дороге.

8.1.2. Классификация световых приборов и устройств

На автомобилях устанавливают различные по назначению, конструкции, электрическим и световым характеристикам световые приборы.

В обязательный комплект световых приборов для АТС входят: фары дальнего света; фары ближнего света; передние и задние габаритные огни; фонари заднего хода; указатели поворота; аварийный сигнал; сигнал торможения; фонарь освещения заднего номерного знака; задний противотуманный огонь; контурный огонь; задние светоотражающие устройства нетреугольной формы; передние светоотражающие устройства нетреугольной формы; боковое светоотражающее устройство на автомобилях длиной более 6 м; боковые габаритные огни на транспортных средствах длиной более 6 м (за исключением грузовых автомобилей без кузова).

На прицепах запрещена установка фар дальнего и ближнего света, передней противотуманной фары, дневного ходового огня.

Обязательна установка на прицепах: переднего габаритного огня при ширине прицепа более 1600 мм; заднего светоотражающего устройства треугольной формы; бокового светоотражающего устройства нетреугольной формы.

На прицепах факультативна установка фонаря заднего хода, сигнала торможения, переднего габаритного огня при ширине прицепа не более 1600 мм, заднего светоотражающего устройства нетреуголь-

ной формы при условии, что эти светоотражающие устройства сгруппированы с другими устройствами световой сигнализации.

Укрываемый огонь — огонь, который в нерабочем положении может быть частично или полностью укрыт, запрещается, за исключением фар дальнего и ближнего света, а также передних противотуманных фар, которые могут быть укрыты в случае, когда их не используют.

К необязательным (факультативным) световым приборам относятся: передняя противотуманная фара (две); дневной ходовой огонь (два); огонь подсветки поворота; контурный огонь (на грузовых автомобилях без кузова); фары-прожекторы, прожекторы-искатели.

При эксплуатации АТС допускается установка фары-прожектора или прожектора-искателя, если она предусмотрена изготовителем АТС, одного дополнительного сигнала торможения над основными, двух противотуманных фар и не более двух противотуманных фонарей. Установка других фар, сигнальных фонарей и световозвращателей, не предусмотренных изготовителем в эксплуатационной документации АТС, не допускается.

Изменение мест расположения и демонтаж предусмотренных эксплуатационной документацией АТС фар, сигнальных фонарей, световозвращателей и контурной маркировки не допускается.

На АТС, в том числе для моделей, производство которых прекращено, применение приборов внешней световой сигнализации определяется по табл. 8.1.

Транспортные тракторы и тягачи имеют оборудование, подобное автомобильному. Световые приборы сельскохозяйственных тракторов и прицепных орудий при ночных полевых работах должны равномерно освещать большую площадь и отдельные рабочие механизмы широким световым пучком, что достигается применением фар рабочего освещения со специально рассчитанным рассеивателем. Для облегчения управления сельскохозяйственными и другими навесными орудиями ночью на тракторах могут быть применены фары рабочего освещения.

Светотехнические приборы подразделяют также на **внешние** (фары головного и рабочего освещения, фонари различного назначения) и **внутренние** (плафоны, лампы освещения щитка приборов, контрольные лампы).

Большое число световых приборов на автомобиле и тракторе не должно вызывать трудностей при их различении участниками дорож-

Требования к наличию внешних световых приборов на автотранспортных средствах

Наименование внешних световых приборов	Цвет излучения	Число приборов на АТС	Наличие приборов на АТС в зависимости от категорий
Фара дальнего света	Белый	2 или 4	Обязательно для категорий М, N. Запрещено для категорий О
Фара ближнего света	Белый	2	
Передняя противотуманная фара	Белый или желтый	2	Рекомендуется (для категорий М, N)
Фара заднего хода	Белый	1 или 2	Обязательно для категорий М, N, O ₂ , O ₃ , O ₄ . Рекомендуется для категорий O ₁
Указатель поворота	Передний	2	Обязательно для категорий М, N. Запрещено для категорий О
	Задний	2	Обязательно
	Боковой	2	Обязательно для категорий М, N. Запрещено для категорий О
Фонарь сигнала торможения	Красный	2	Обязательно
Дополнительный сигнал торможения	Красный	1	Обязательно для категорий М ₁ , допускается для остальных категорий АТС
Передний габаритный огонь	Белый	2	Обязательно
Задний габаритный огонь	Красный	2	"
Задний противотуманный фонарь	Красный	1 или 2	"

Наименование внешних световых приборов		Цвет излучения	Число приборов на АТС	Наличие приборов на АТС в зависимости от категорий
Стояночный огонь (при совмещении с боковыми указателями поворота и боковыми габаритными фонарями)	Передний	Белый	2	Рекомендуется для АТС длиной до 6 м и шириной до 2 м и запрещено на остальных АТС
	Задний	Красный	2	
	Боковой	Желтый	2	
Боковой габаритный фонарь (при группировании, комбинировании или совмещении с задним габаритным, контурным огнями и сигналом торможения)		Желтый или красный	Не менее двух с каждой стороны. Расстояние между соседними фонарями должно быть не более 4 м	Обязательно на АТС длиной более 6 м, за исключением грузовых автомобилей без кузова
Контурный огонь	Передний	Белый	2	Обязательно на АТС шириной более 2,1 м
	Задний	Красный	2	Рекомендуется для АТС шириной от 1,8 до 2,1 м и для грузовых автомобилей без кузова
Фонарь освещения заднего государственного регистрационного знака		Белый	1	Обязательно
Дневной ходовой огонь		Белый	2	Рекомендуется для категорий М, N. Запрещено для категорий О

Опознавательный знак автопоезда	Желтый	1	Обязательно на автопоездах
Переднее светоотражающее устройство (треугольной формы)	Белый	2	Обязательно для АТС категорий О и на АТС с убирающимися фарами. Рекомендуется для других АТС
Боковое светоотражающее устройство нетреугольной формы	Передний	Не менее двух с каждой стороны для АТС длиной более 6 м. Допускается одно (спереди или сзади) для АТС длиной менее 6 м	Обязательно на АТС длиной более 6 м. Рекомендуется для других АТС
	Боковой		
Заднее светоотражающее устройство	Красный	2	Обязательно для АТС категорий М и N. Обязательно для АТС категорий О при группировании с другими задними приборами световой сигнализации
Треугольной формы	Красный	2	Обязательно для категорий О. Запрещено для категорий М и N
Фонарь боковой	Белый	2	Рекомендуется
Контурная маркировка	Боковая	Один или несколько элементов	Запрещено для АТС категории М ₁ .
	Задняя		Рекомендуется для других категорий

ного движения. Для этого используется система кодирования информации, поступающей от световых приборов. К кодирующим элементам относят количество одновременно работающих световых приборов, их расположение на транспортном средстве, режимы работы, расстояние между одновременно работающими световыми приборами, форму светоизлучающей поверхности, цвет излучаемого света и интенсивность излучения в пределах одного цвета.

Автомобильные световые приборы делят на **осветительные и светосигнальные**. Световой пучок осветительного прибора воспринимается после отражения от дороги или от объекта на дороге, а световой поток светосигнального прибора наблюдатель воспринимает непосредственно. Фары и фонари заднего хода можно считать и осветительными, и светосигнальными приборами. Водитель автомобиля, на котором они установлены, воспринимает их световой поток после отражения от дороги и наблюдаемых объектов, а другие участники дорожной обстановки непосредственно.

8.1.3. Светотехнические параметры световых приборов

Работа системы освещения основана на принципах генерирования, распределения и перераспределения в пространстве электромагнитного излучения оптической области спектра. Органами зрения воспринимаются видимые излучения с длиной волны λ в диапазоне 380—760 мм. При совокупном воздействии излучения данного диапазона воспринимаются органом зрения как белый свет, который, в свою очередь, состоит из однородных излучений (табл. 8.2).

Таблица 8.2

Цветовой спектр и длина волны

Цветовой спектр	Длина волны, мм
Красный	760—620
Оранжевый	620—590
Желтый	590—560
Зеленый	560—500
Голубой	500—480
Синий	480—450
Фиолетовый	450—430

Органы зрения обладают избирательной способностью к отдельным диапазонам видимого спектра. Наибольшую спектральную чувствительность глаз человек проявляет к излучению с длиной волны 555 нм (желто-зеленый цвет).

Световые приборы преобразуют электрическую энергию в световой пучок определенной структуры — соответствующим образом организованную совокупность направлений излучения света и цветности (спектра излучения). *Оптическая система* светового прибора, обеспечивающая необходимые структуру и спектр светового пучка, *включает лампу, отражатель и рассеиватель*. Лампа является источником света. Отражатель обычно в виде параболоида вращения концентрирует световой поток, испускаемый лампой, в требуемом телесном угле. Рассеиватель, выполненный из прозрачного материала, перераспределяет световой поток в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью линз и призм на его внутренней поверхности и при необходимости меняет цвет излучаемого света.

Основными светотехническими параметрами световых приборов являются активная поверхность оптической системы, световое отверстие, телесный и плоский углы охвата, углы излучения и рассеивания, фокус и фокусное расстояние оптической системы, коэффициент отражения для отражателей и коэффициент пропускания и поглощения для рассеивателей.

Активной поверхностью оптической системы является зеркальная поверхность отражателя. Ее проекция на плоскость, перпендикулярную оптической оси, называется *световым отверстием*. Оптическая ось светового прибора — это ось его симметрии. Лучи, падающие на активную поверхность отражателя параллельно оптической оси, собираются в *фокусе*. В реальных оптических системах с фокусом совмещают центр тела накала источника света. Отрезок оптической оси от фокуса до вершины отражателя называется *фокусным расстоянием*.

Телесным углом охвата активной поверхности является угол, в пределах которого поверхность оптической системы видна из фокуса. Сечение телесного угла охвата ω меридиональной плоскостью, проходящей через ось вращения параболоида, образует *плоский угол охвата* φ . Телесный угол, в котором сконцентрирован отраженный активной поверхностью и вышедший из системы световой поток, называют *углом излучения оптической системы*.

Коэффициент отражения оптической системы — это отношение отраженного светового потока к световому потоку, падающему на отражающую поверхность.

Коэффициент пропускания — отношение светового потока, прошедшего через поверхность, к световому потоку, падающему на нее.

Под *коэффициентом поглощения* понимается отношение светового потока, поглощаемого световой системой, к световому потоку, ею создаваемому.

Ниже приведены термины, также используемые для характеристики световых приборов и устройств:

освещающая поверхность светотехнического устройства — ортогональная проекция полной апертуры рефлектора, или в случае фар головного света с эллипсоидным рефлектором — ортогональная проекция просецирующей линзы на поперечную плоскость (рис. 8.1).

Если светоищуающая поверхность огня распространяется только на часть полной апертуры рефлектора, то учитывается проекция только этой части.

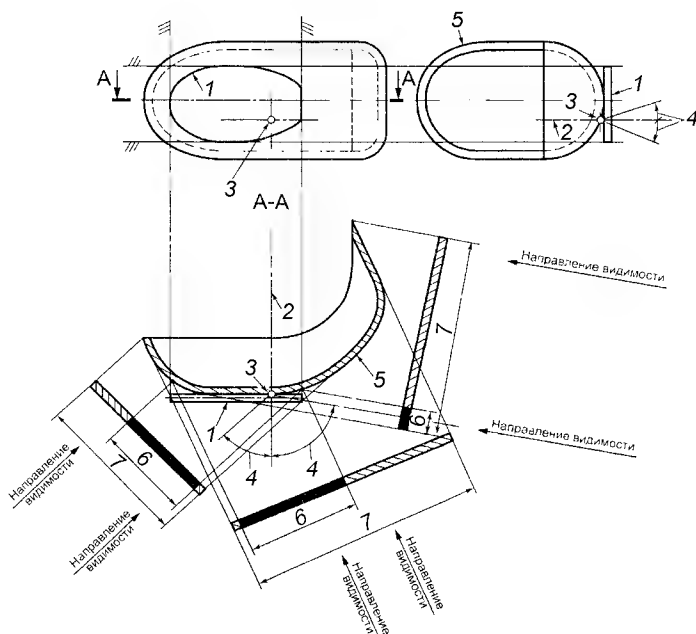


Рис. 8.1. Поверхность фары, исходные ось и центр, углы геометрической видимости:
 1 — освещающая поверхность; 2 — исходная ось; 3 — исходный центр; 4 — угол геометрической видимости; 5 — светоищуающая поверхность; 6 — видимая освещающая поверхность (рассматривается как касательная к светоищуающей поверхности); 7 — видимая светоищуающая поверхность

Для фары ближнего света освещающая поверхность ограничивается видимым следом линии среза на рассеивателе. Если отражатель и рассеиватель регулируются по отношению друг к другу, то следует использовать среднее положение регулировки;

освещающая поверхность устройства световой сигнализации, не являющегося светоотражающим устройством, — ортогональная проекция огня на плоскость, перпендикулярную к его исходной оси и соприкасающуюся с внешней светоизлучающей поверхностью огня, причем эта поверхность ограничивается краями экранов, пересекающих эту плоскость, каждый из которых позволяет сохранять внутри этой поверхности только 98 % общей силы света в направлении исходной оси.

Для определения нижней, верхней и боковых границ освещающей поверхности используются лишь экраны с горизонтальными и вертикальными краями;

освещающая поверхность светоотражающего устройства — ортогональная проекция светоотражающего устройства на плоскость, перпендикулярную к его исходной оси, ограничиваемая плоскостями, соприкасающимися с крайними частями оптической системы светоотражающего устройства и параллельными этой оси. Для целей определения нижнего, верхнего и боковых краев устройства используются лишь горизонтальные и вертикальные плоскости;

поверхность, видимая в определенном направлении наблюдения, — ортогональная проекция, подразумевающаяся по заявке предприятия-изготовителя или его надлежащим образом уполномоченного представителя;

исходная ось — характерная ось огня, определяемая предприятием-изготовителем огня, проходящая через фокусный центр фары с координатами ($H = 0^\circ$, $V = 0^\circ$) и служащая исходной осью отсчета для углов геометрической видимости при фотометрических измерениях и установке на транспортном средстве;

исходный центр — точка пересечения исходной оси с наружным контуром светоизлучающей поверхности огня; эта точка указывается предприятием-изготовителем;

углы геометрической видимости — углы, определяющие зону минимального телесного угла, в которой должна быть видна видимая поверхность огня. Эта зона определяется сегментами сферы, центр которой совпадает с исходным центром огня, а экватор параллелен грунту. Эти сегменты определяются в отношении к исходной оси.

Горизонтальные углы β соответствуют долготе, а вертикальные углы α — широте.

С внутренней стороны углов геометрической видимости не должно быть препятствий для распространения света из какой-либо части видимой поверхности огня, наблюдаемого из бесконечно удаленной точки.

Если измерения проводят на более близком расстоянии от огня, то направление наблюдения должно быть смещено параллельно, чтобы добиться такой же точности.

С внутренней стороны углов не учитывают те препятствия, которые уже существовали на дату сертификации огня по типу конструкции.

Если при установленном огне какая-либо часть его видимой поверхности закрыта другими частями транспортного средства, то необходимо представить доказательства, что часть огня, не закрытая препятствиями, по-прежнему соответствует фотометрическим параметрам, предусмотренным для сертификации данного устройства в качестве оптического элемента. Однако в случаях, когда вертикальный угол геометрической видимости ниже горизонтальной линии может быть уменьшен до 5° (огонь, расположенный ниже 750 мм над уровнем грунта), поле фотометрических измерений установленного оптического элемента может быть уменьшено до 5° ниже горизонтальной линии.

На рис. 8.2, *а* приведены значения видимости красного огня в направлении вперед, а на рис. 8.2, *б* — белого огня в направлении назад.

Действие оптической системы осветительных и светосигнальных приборов заключается в том, что большая часть светового потока, падающего на отражающую поверхность в пределах телесного угла охвата, после отражения проходит в пределах сравнительно малого телесного угла излучения. Поэтому концентрация светового потока внутри угла излучения существенно возрастает.

Часть светового потока, исходящая непосредственно от источника света и излучаемая вне угла охвата оптической системы, в осветительных приборах, как правило, экранируется, чтобы непретворенный свет не создавал дополнительных помех водителю.

Характеристики световых приборов в значительной мере зависят от свойств материалов, из которых изготовляют отдельные элементы оптической системы. Для обеспечения наиболее благоприятных условий видимости при движении на дорогах в ночное время световые приборы постоянно совершенствуют. Разрабатываются конструкции фар с более рациональным светораспределением.

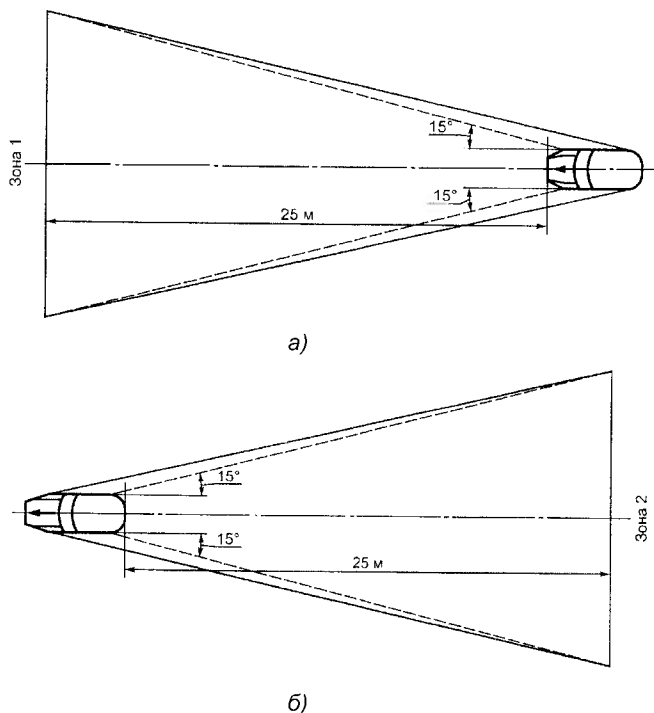


Рис. 8.2. Видимость красного огня в направлении вперед (а) и видимость белого огня в направлении назад (б)

Существенные изменения в конструкции фар и светосигнальных фонарей связаны со стремлением уменьшить коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля. Наряду с традиционными фарами головного освещения прожекторного типа с параболоидным отражателем все более широко распространяются гомофокальные, бифокальные фары, фары со свободной отражающей поверхностью, фары проекторного типа. В новых конструкциях фар применяют отражатели более сложной формы, изготовление которых возможно только из легкоформируемых материалов (стекло, пластмасса).

На некоторых автомобилях предусматривается автоматическая регулировка светораспределения фар в зависимости от нагрузки. Устанавливаются устройства, автоматически ослабляющие слепящее действие фар при встречном разезде автомобилей. Для управления осветительными и светосигнальными приборами широко применяют электронику.

8.1.4. Международная система обозначений световых приборов

Большое внимание уделяется нормированию характеристик автомобильных приборов освещения и световой сигнализации. В 1958 г. в рамках Комитета по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии при ООН (ЕЭК ООН) было подписано "Соглашение о принятии единообразных условий официального утверждения оборудования и частей механических транспортных средств". В развитие этого соглашения разрабатываются прилагаемые к нему правила. Отечественные стандарты на автомобильные световые приборы разрабатываются с учетом требований Правил ЕЭК ООН. Разработке единых технических требований, предъявляемых к структурному составу осветительных и светосигнальных приборов, к их светотехническим характеристикам, способствовало развитие международных автомобильных перевозок.

На соответствие Правилам ЕЭК ООН световые приборы проверяются в специальных светотехнических лабораториях. Световые приборы, которые успешно прошли проверку на соответствие Правилам ЕЭК ООН, получают знак международного утверждения (табл. 8.3).

Знак официального утверждения наносится на рассеиватель или основной корпус светового прибора и представляет собой круг, в котором проставлены буква *E* и отличительный номер страны, выдававшей официальное утверждение. Порядковые номера странам присвоены в хронологическом порядке ратификации ими соглашения (например, 2 — Франция; 4 — Нидерланды; 7 — Венгрия). Под кругом или справа от него указывают номер официального утверждения.

Под кругом над порядковым номером официального утверждения может стоять горизонтальная стрелка. Направленная вправо стрелка на фаре головного освещения указывает на то, что фара сконструирована для эксплуатации в странах с левосторонним движением. Двухстороннюю стрелку имеют фары, которые путем перемещения лампы или оптического элемента могут быть использованы как при правостороннем, так и при левостороннем движении. На фарах, используемых на дорогах с правосторонним движением, стрелка не ставится.

Стрелка на рассеивателях сигнальных фонарей указывает направление, в котором обеспечивается геометрический угол видимости в

Международная система обозначений световых приборов

Световой прибор	Знак международного утверждения						
Фары головного освещения	R E₂ 296	C E₂ 297	CR E₂ 258	SCR E₂ 180	HR E₂ 182 20	HCR E₂ 165 25	B E₂ 2439
Габаритные огни	A E₂ 518 R E₂ 1021 R E₂ 1021						
Указатели поворота	1 E₂ 680 2a E₂ 851 2b E₂ 456 4 E₂ 216						
Сигналы торможения	R-S1 E₂ 596 R-S2 E₂ 512 S1 E₂ 1022						
Светоотражатели	II E₂ 148 I E₂ 147 148 E₂ II						
Задние противотуманные огни	B E₂ 00242						

горизонтальной плоскости. При установке передних и задних указателей поворота острие стрелки должно быть направлено к ближайшей боковой части автомобиля, а при установке боковых указателей поворота — к передней части.

Над кругом знака официального утверждения фар головного освещения наносят квадрат, в который вписывают буквы *C*, *R*, *S*, *H*.

Единичные буквы *C* и *R* обозначают, что фара удовлетворяет международным нормам в отношении ближнего и дальнего света. На-

личие в квадрате двух букв *CR* свидетельствует о том, что оптическая система фары рассчитана на работу как ближнего, так и дальнего света.

Для обозначения цельностеклянного оптического элемента (лампы — фары) в квадрат вписывают букву *S*. Отсутствие буквы *S* означает, что использован металлостеклянный элемент.

Фары с дополнительной буквой *H* в квадрате рассчитаны на применение только галогенных ламп.

Цифры справа от круга на фарах с галогенными лампами соответствуют округленному маркировочному значению максимальной силы света галогенного оптического элемента при дальнем свете.

Цифры в знаке	1	20	25	30	40	50
Максимальная сила света, кл·10 ³	2,75—3,5	55—70	68,75—87,5	82,5—105	110—140	137,5—175

Для противотуманных фар и фонарей над кругом проставляют букву *B*.

На рассеивателях задних габаритных огней в квадрате над кругом стоит буква *R*. Передние габаритные огни обозначают буквой *A*.

На фонарях заднего хода проставляют символ *Ж*.

Для фонарей освещения номерного знака дополнительные надписи над кругом не предусмотрены.

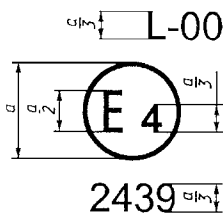
Знак официального утверждения указателей поворота отличается тем, что над кругом дано обозначение категории светового прибора. К категории 1 относят передние указатели поворота, к категориям *2a* и *2b* — соответственно одно- и двухрежимные задние указатели поворота. Различные типы боковых указателей поворота разделены на категории 3, 4 и 5. К категории 3 относятся передние боковые указатели поворота, предназначенные для использования на транспортных средствах, не имеющих других указателей поворота. Передние боковые указатели поворота категории 4 устанавливаются в том случае, если на транспортном средстве уже установлены указатели поворота категорий *2a* и *2b*. На транспортных средствах, где есть указатели поворота категорий 1 и 2 (*2a* и *2b*), могут устанавливаться дополнительные боковые указатели поворота категории 5.

Одно- и двухрежимную работу сигналов торможения кодируют в квадрате над кругом знаками *S1* или *S2*.

На световых приборах, имеющих одновременно задний габаритный огонь и сигнал торможения, над кругом проставляют прямо-

Рис. 8.3. Схема знака официального утверждения. Маркировка для одиночных огней:

a — размер не менее 5 мм



угольник, в который вписывают буквы R и знаки $S1$ или $S2$, отделенные горизонтальной чертой.

Римские цифры I, II или III, указывающие категорию и номер официального утверждения световозвращателя, должны находиться на диаметрально противоположных сторонах круга, в который вписана буква E , и в любом положении по отношению к нему. Световозвращатели категории I предназначены для транспортных средств шириной 1,6 м и более, категории II — для транспортных средств шириной менее 1,6 м. Световозвращатели категории III устанавливаются на прицепы и полуприцепы. Знак официального утверждения проставляют на освещаемой поверхности или на одной из освещаемых поверхностей световозвращателя.

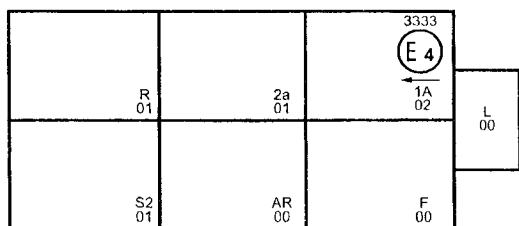
Если сигнальные огни используются как одиночные или в сочетании двух огней, справа от обозначения ставят букву D .

Пример маркировки светосигнальных приборов показан на рис. 8.3.

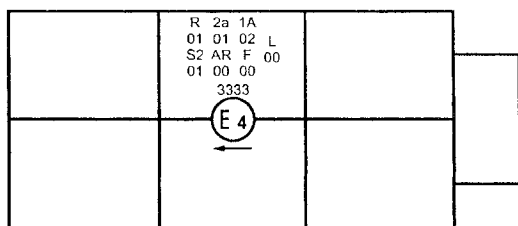
Приспособление, на котором проставлен приведенный выше знак официального утверждения, является приспособлением для освещения заднего номерного знака транспортного средства (L), официально утвержденным в Нидерландах (E4) на основании настоящих Правил под номером официального утверждения 2439. Номер официального утверждения указывает, что официальное утверждение было предоставлено в соответствии с требованиями настоящих Правил в их первоначальном варианте или внесенных в них поправок, приведенных в соответствующих дополнениях к Правилам в их первоначальном варианте.

В том случае, если два или несколько огней являются частью одного устройства в группированных, комбинированных или совмещенных фонарях, их маркировка может выполняться по упрощенным вариантам (рис. 8.4).

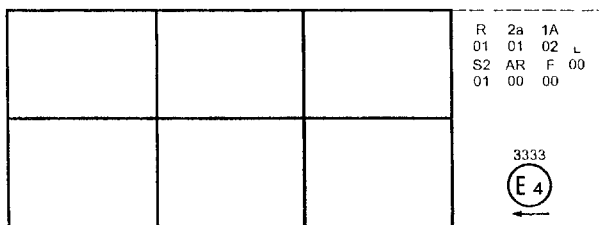
Три приведенных примера знаков официального утверждения представляют собой три возможных варианта маркировки светового устройства в тех случаях, когда не менее двух ламп являются эле-



а)



б)



в)

Рис. 8.4. Упрощенная маркировка огней (вертикальные и горизонтальные линии показывают форму устройства световой сигнализации, они не являются частью знака официального утверждения):

а — группированные; *б* — комбинированные; *в* — совмещенные

ментами одного комплекта сгруппированных, комбинированных или совмещенных огней. Этот знак официального утверждения свидетельствует о том, что данное устройство было официально утверждено в Нидерландах (Е4) под номером официального утверждения 3333 и включает:

светоотражатель класса 1А, официально утвержденный в соответствии с поправками серии 02 к Правилам ЕЭК ООН № 3;

задний указатель поворота категории 2а, официально утвержденный в соответствии с поправками серии 01 к Правилам ЕЭК ООН № 6;

задний габаритный огонь красного цвета (R), официально утвержденный в соответствии с поправками серии 01 к Правилам ЕЭК ООН № 7;

задний противотуманный огонь (F), официально утвержденный в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 38 в их первоначальном варианте;

сигнал заднего хода (AR), официально утвержденный в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 23 в их первоначальном варианте;

сигнал торможения с двумя уровнями освещения (S2), официально утвержденный в соответствии с поправками серии 01 к Правилам ЕЭК ООН № 7;

приспособление для освещения заднего номерного знака (L), официально утвержденное в соответствии с настоящими Правилами в их первоначальном варианте.

Маркировка транспортного средства в отношении устройств освещения и световой сигнализации включает знак соответствия по ГОСТ Р 50460 с обозначением стандарта, на соответствие которому предоставлен сертификат соответствия. Схемы маркировки представлены на рис. 8.5.

Приведенная на рис. 8.5, *а* маркировка указывает, что тип транспортного средства был сертифицирован на соответствие требованиям ГОСТ Р 41.48 (Правила ЕЭК ООН № 48 с поправками серии 02).

Маркировка, приведенная на рис. 8.5, *б*, указывает, что этого типа транспортное средство сертифицировано на соответствие ГОСТ Р 41.48 (Правила ЕЭК ООН № 48 с поправками серии 02) в отношении устройств освещения и световой сигнализации и на соответствие ГОСТ Р 41.45** (Правила ЕЭК ООН № 48 с поправками серии 01) в отношении устройств для очистки фар.



ГОСТ Р 41.48 (02)

а)

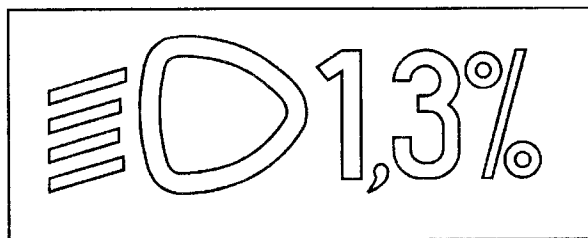


ГОСТ Р 41.48 (02)

ГОСТ Р 41.45 (01)

б)

Рис. 8.5. Маркировка транспортного средства в отношении устройств освещения и световой сигнализации



Условное обозначение фары
ближнего света

Значение первоначального
регулирования

Рис. 8.6. Пример условного обозначения регулирования фары

Указание первоначальной направленности фары снаряженного транспортного средства с одним человеком на сиденье водителя должно иметься на каждом транспортном средстве (рис. 8.6).

8.1.5. Общие требования к установке устройств освещения и световой сигнализации

Устройства освещения и световой сигнализации должны быть установлены так, чтобы в нормальном рабочем состоянии, несмотря на вибрацию, которой они могут подвергаться, они сохраняли требуемые характеристики, а транспортное средство продолжало соответствовать требованиям стандарта.

Огни фар ближнего и дальнего света и противотуманной фары должны быть установлены таким образом, чтобы можно было легко регулировать направления световых лучей.

Исходные оси всех установленных на транспортном средстве устройств световой сигнализации, в том числе установленных на боковых панелях, должны быть параллельны опорной плоскости транспортного средства на дороге. Кроме того, для боковых светоотражающих устройств и габаритных огней эти оси должны быть перпендикулярны средней продольной плоскости транспортного средства, а для других устройств сигнализации — параллельны этой плоскости. В каждом направлении допускаются $\pm 3^\circ$.

При отсутствии особых требований высоту и ориентировку огней проверяют на транспортном средстве в снаряженном состоянии, расположенном на плоской и горизонтальной поверхностях, в условиях, определенных ГОСТом.

При отсутствии особых указаний огни одной и той же пары должны:

быть установлены на транспортном средстве симметрично средней продольной плоскости с учетом внешней геометрической формы огня, а не края его освещающей поверхности;

быть симметричными относительно друг друга по отношению к средней продольной плоскости. Это требование не распространяется на внутреннюю конструкцию огня;

удовлетворять одним и тем же колориметрическим требованиям;

иметь практически одинаковые фотометрические характеристики.

На транспортных средствах с асимметричной внешней формой описанные выше условия должны соблюдаться по мере возможности.

Огни могут быть сгруппированными, комбинированными или размещенными при условии, что выполняются все требования, которые установлены для каждого огня в отношении цвета, размещения, направления, геометрической видимости и электрической схемы.

Максимальную высоту над уровнем грунта измеряют от самой высокой точки, а минимальную высоту — от самой низкой точки видимой поверхности в направлении исходной оси.

В случае фары ближнего света минимальную высоту над уровнем грунта измеряют от нижней точки эффективной выходной поверхности оптической системы (например, отражателя, рассеивателя, проекционного рассеивателя) независимо от ее использования.

Расположение огня по ширине определяют по тому краю поверхности, видимой в направлении исходной оси, который наиболее удален от средней поперечной плоскости транспортного средства, если речь идет об общей габаритной ширине, и по внутренним краям видимой поверхности в направлении исходной оси, если речь идет о расстоянии между огнями.

При отсутствии особых указаний никакой огонь не должен быть мигающим, за исключением огней указателей поворотов, аварийного сигнала и боковых габаритных огней автожелтого цвета.

Никакой свет красного цвета, который может ввести в заблуждение других участников дорожного движения, не должен излучаться в направлении вперед огнем, и никакой свет белого цвета, который может ввести в заблуждение других участников дорожного движения, за исключением света от огня заднего хода, не должен излучаться в направлении назад огнем.

Функциональная электрическая схема должна быть такой, чтобы передние и задние габаритные огни, контурные огни (если имеются),

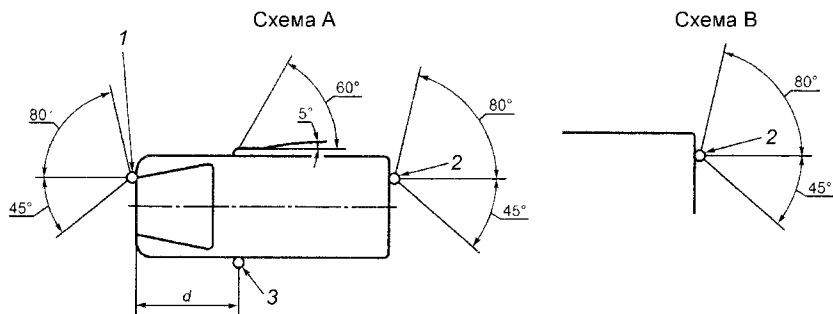


Рис. 8.7. Установка огней:

схема А — для всех автомобилей; схема В — только для прицепов; 1 — указатели поворота категорий 1, 1а, 1б; 2 — категорий 2а, 2б; 3 — категорий 5, 6; $d < 1,080$ м (для транспортных средств категорий M_1 и $N_1 d \leq 2,50$ м)

боковые габаритные огни (если имеются) и фонарь заднего номерного знака могли включаться и выключаться только одновременно. Это условие не применяется при использовании передних и задних габаритных огней, а также боковых габаритных огней, когда они комбинируются или совмещаются с указанными выше огнями, в качестве стояночных огней, и когда разрешается использовать боковые габаритные огни в мигающем режиме.

Указатели поворота различного типа подразделяют на категории (1, 1а, 1б, 2а, 2б, 5 и 6), сочетание которых на транспортном средстве представляет определенную схему их монтажа (А и В).

Схема монтажа А (рис. 8.7).

Два передних указателя поворота следующих категорий:

1 или 1а, или 1б — при расстоянии между краем поверхности, видимой в направлении исходной оси этого огня, и краем поверхности, видимой в направлении исходной оси фары ближнего света, и/или передней противотуманной фары, если она установлена, не менее 40 мм;

1а или 1б — при расстоянии между краем поверхности, видимой в направлении исходной оси этого огня, и краем поверхности, видимой в направлении исходной оси фары ближнего света, и/или передней противотуманной фары, если она установлена, более 20 мм, но менее 40 мм;

1б — при расстоянии между краем поверхности, видимой в направлении исходной оси этого огня, и краем поверхности, видимой в направлении исходной оси фары ближнего света, и/или передней противотуманной фары, если она установлена, не более 20 мм.

Два задних указателя поворота (категории 2а или 2б).

Два факультативных огня (категории 2a или 2b) на всех транспортных средствах категорий M_2 , M_3 , N_2 , N_3 .

Два задних указателя поворота (минимальные требования) следующих категорий:

5 — для всех транспортных средств категории M_1 ; для транспортных средств категорий N_1 , M_2 , M_3 длиной не более 6 м;

6 — для всех транспортных средств категорий N_2 и N_3 ; для транспортных средств категорий N_1 , M_2 , M_3 длиной свыше 6 м.

Схема монтажа В (рис. 8.7).

Два задних указателя поворота (категории 2a или 2b).

Два факультативных огня (категории 2a или 2b) на всех транспортных средствах категорий O_2 , O_3 , O_4 .

Размещение

По ширине — край поверхности, видимой в направлении исходной оси, который в наибольшей степени удален от средней продольной плоскости транспортного средства, должен находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства.

Это условие не применяют к факультативным огням.

Расстояние между внутренними краями обеих поверхностей, видимых в направлении исходной оси, должно быть не менее 600 мм. Это расстояние может быть уменьшено до 400 мм, если общая габаритная ширина транспортного средства менее 1300 мм.

По высоте — над уровнем грунта.

Высота расположения светоизлучающей поверхности боковых указателей поворота категорий 5 или 6 должна быть:

— не менее 350 мм — для транспортных средств категорий N_1 , M_1 ,

— не менее 500 мм — для других категорий транспортных средств, если высоту измеряют от самой низшей точки,

— не более 1500 мм, если высоту измеряют от самой высокой точки.

Высота расположения указателей поворота категорий 1, 1a, 1b, 2a и 2b должна быть не менее 350 мм и не более 1500 мм.

По длине — согласно рис. 8.8.

Расстояние между светоизлучающей поверхностью бокового указателя поворота (категорий 5 и 6) и поперечной плоскостью, которая ограничивает габаритную длину транспортного средства, не должно превышать 1800 мм. Однако для транспортных средств категорий N_1 и M_1 и для транспортных средств всех других категорий в том случае, если соблюдение минимальных углов видимости невозможно из-за конструкции транспортного средства, это расстояние может быть увеличено до 2500 мм.

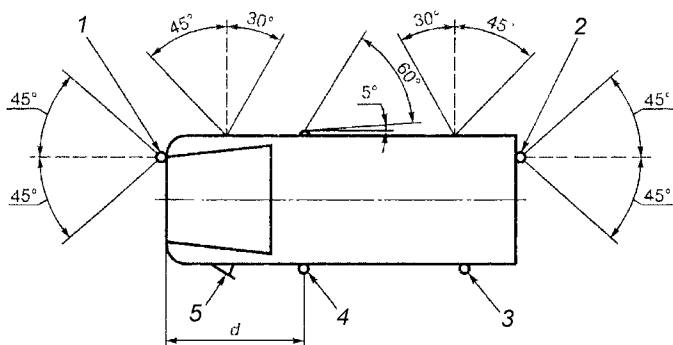


Рис. 8.8. Схемы монтажа огней:

1 передний указатель поворота; 2 задний указатель поворота; 3 задний боковой габаритный огонь автожелтого цвета; 4 боковой указатель поворота; 5 передний боковой габаритный огонь

Примечание. Значение 5° для "мертвого" угла видимости в направлении назад от бокового указателя поворота представляет собой верхний предел $d \leq 2,50$ м.

Геометрическая видимость

Определяется вертикальными α и горизонтальными β углами.

Горизонтальные углы β (см. рис. 8.8).

Вертикальные углы $\alpha = 15^\circ$ вверх и вниз от горизонтали для указателей поворота категорий 1, 1a, 1b, 2a, 2b и 5. Угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота расположения огней менее 750 мм над уровнем грунта; $\alpha = 30^\circ$ вверх и 5° вниз от горизонтали — для указателей поворота категории 6. Угол вверх от горизонтали может быть уменьшен до 5° в случае, если высота расположения факultatивных огней над уровнем грунта не менее 2100 мм.

Для транспортных средств категорий N_1 и M_1 геометрическая видимость — по усмотрению предприятия-изготовителя: передние и задние указатели поворота, а также боковые габаритные огни.

Горизонтальные углы видимости (см. рис. 8.8).

Вертикальные углы $\alpha = 15^\circ$ вверх и вниз от горизонтали. Угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота расположения огней менее 750 мм над уровнем грунта.

Огонь считают видимым в случае, если он обеспечивает беспрепятственный обзор видимой поверхности площадью не менее $12,5 \text{ см}^2$, за исключением огней боковых указателей поворота категорий 5 и 6.

Площадь освещающей поверхности светоотражающего устройства, которая не пропускает свет, не учитывают.

Функциональная электрическая схема

Включение указателей поворота производится независимо от включения других огней. Все указатели поворота, расположенные на одной стороне транспортного средства, должны включаться и выключаться одним и тем же устройством и работать в одной фазе.

На транспортных средствах категорий N_1 и M_1 длиной менее 6 м боковые габаритные огни автожелтого цвета, если они установлены, должны работать в мигающем режиме с такой же частотой (по фазе), с какой включаются огни указателей поворота.

Контрольный сигнал

Контрольный сигнал функционирования является обязательным для передних и задних указателей поворота. Он может быть визуальным или визуально-звуковым. Если он является визуальным, то он должен быть мигающим и в случае неисправности любого из передних или задних указателей поворота должен отключаться или оставаться включенным и не мигать, или заметно менять установленную частоту мигания. Если он является визуально-звуковым, то он также должен быть отчетливо слышен и менять установленную частоту, по крайней мере, в случае неисправности любого из передних или задних указателей поворота.

Если автомобиль оборудован как тягач для буксирования прицепа, то в случаях, когда с помощью контрольного сигнала на тягаче невозможно определить выход из строя любого из указателей поворота на данном составе транспортных средств (тягач — прицеп), на нем должен быть установлен специальный визуальный контрольный сигнал функционирования для указателей поворота, установленных на прицепе.

Контрольный сигнал должен функционировать в мигающем режиме с частотой 90 ± 30 миганий в 1 мин.

8.2. ИСТОЧНИКИ СВЕТА АВТОМОБИЛЬНЫХ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

8.2.1. Лампы накаливания

В качестве источника света в традиционных автомобильных и тракторных световых приборах используют электрические лампы накаливания. Требования к их параметрам и применяемости нормируются Правилем 37 ЕЭК ООН, ГОСТ 2023–90.

Конструкцию, применяемость и способы контроля лампы оценивают по следующим характеристикам: категория, тип лампы, номинальное и расчетное напряжения, номинальное и предельное значения мощ-

ности и светового потока, средняя продолжительность горения, световая отдача, тип цоколя, масса, геометрические координаты положения нитевой системы относительно базовой (установочной) плоскости.

Контрольный световой поток — номинальный световой поток эталонной лампы, при котором измеряются оптические характеристики осветительного прибора.

Базовая плоскость — плоскость, по отношению к которой определяются основные размеры лампы.

Световая отдача η — отношение излучаемого источником света светового потока к потребляемой мощности.

К основным световым параметрам источников света относятся: номинальный световой поток лампы, измеряемый в люменах, максимальная сила света, измеряемая в канделах; яркость тела накала, измеряемая в нитах.

Правила 37 ЕЭК ООН и МЭК 809 устанавливают требования к лампам фар категорий *R2, H1, H2, H3, H4*, лампам сигнальных фонарей — *P21/5W, P21W, R5W, R10W, C5W*, лампам щитков приборов и освещения салона — *T4W, W3W, W5W*.

Автомобильная лампа накаливания состоит из колбы 1 (рис. 8.9), одной или двух нитей накала 2 и 3, цоколя 7 с фокусирующим фланцем 5 или без него и выводов 6. Стеклоянная колба лампы может иметь шаровидную, каплевидную, грушевидную или цилиндрическую форму. Нити накала в двухнитевых лампах имеют различное функциональное назначение.

Цоколь лампы служит для крепления лампы в патроне светового прибора и подведения тока от источника электроснабжения к электродам, соединяющим контакты цоколя с нитями накала. Цоколи могут быть штифтовыми и фланцевыми различной конструкции. В лампе со штифтовым цоколем трудно обеспечить точное расположение нити накала относительно штифтов. Поэтому такие лампы применяются в основном в световых приборах, к которым не предъявляются жесткие требования в отношении светотехнических характеристик.

Для точной фиксации нитей накала относительно фокуса параболического отражателя лампы фар головного освещения снабжают фокусирующим фланцевым цоколем. Конструкция фланца позволяет устанавливать лампу в оптический элемент лишь в одном определенном положении.

Размеры и расположение нити накала в лампе нормируются отечественными и международными стандартами для того, чтобы при замене лампы характеристики светового прибора существенно не изменились.

При прохождении электрического тока нить накала лампы нагревается и при определенной температуре начинает излучать свет. Энергия светово-

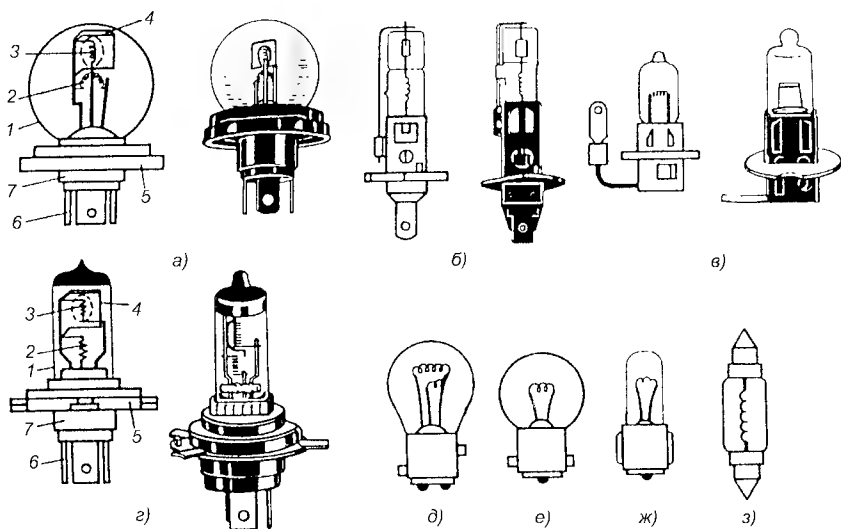


Рис. 8.9. Автомобильные лампы накаливания:

а — фар головного освещения с европейской асимметричной системой светораспределения; *б* — галогенная категория Н1; *в* — галогенная категория Н3; *г* — галогенная категория Н4; *д* — двухнитевая штифтовая; *е* — одонитевая штифтовая; *ж* — пальчиковая; *з* — софитовая; 1 — колба; 2 — нить дальнего света; 3 — нить ближнего света; 4 — экран; 5 — фокусирующий фланец; 6 — выводы; 7 — цоколь

го излучения, воспринимаемого человеческим глазом, составляет только небольшую часть потребляемой лампой электрической энергии. Большая часть электрической энергии выделяется в виде теплового излучения.

Нить накала должна выдерживать высокие температуры, иметь малые размеры. Ее изготавливают из тонкой вольфрамовой проволоки, свитой в цилиндрическую спираль. Спираль крепится к электродам и обычно имеет форму прямой линии или дуги окружности.

Тугоплавкий вольфрам имеет температуру плавления 3380°C . С повышением температуры спирали увеличиваются яркость и световая отдача лампы. Однако при температуре нити накала свыше 2400°C вольфрам интенсивно испаряется и, оседая на стенках стеклянной колбы, образует темный налет, уменьшающий световой поток лампы. Вольфрам интенсивнее испаряется в вакуумных лампах. Поэтому лампы мощностью свыше 2 Вт заполняют смесью инертных газов — аргона и азота или криптона и ксенона. Благодаря большему давлению инертных газов в колбе газонаполненной лампы допускается бо-

лее высокая температура нагрева спирали, что позволяет увеличить световую отдачу до 14–18 лм/Вт при сроке службы 125–200 ч.

8.2.2. Галогенные лампы

Повышение температуры нити накала до 2700–2900 °С достигается в лампах с галогенным циклом. Это обеспечивает на 50–60 % большую световую отдачу лампы. Колба галогенной лампы также заполняется инертным газом (аргон, ксенон, криптон и др.) и дополнительно небольшим количеством паров йода или брома. В лампах с йодным циклом частицы вольфрама, осевшие на стенках колбы после испарения нити накала, соединяются с парами йода и образуют йодистый вольфрам. При температуре колбы из жаростойкого кварцевого стекла 600–700 °С йодистый вольфрам испаряется, диффундирует в зону высокой температуры вокруг нити накала и распадается на вольфрам и йод. Вольфрам оседает на нити накала, а пары йода остаются в газовом пространстве колбы, участвуя в дальнейшей реализации йодного цикла.

Вольфрам испаряется быстрее с более нагретых участков нити накала. Так как температура нити накала выше у дефектных участков, испарение вольфрама с этих участков происходит интенсивнее. Однако, возвращаясь к телу накала, вольфрам оседает на более холодных его участках, поэтому йодовольфрамовый цикл не компенсирует усиленное испарение вольфрама с дефектных участков и не способствует существенному увеличению срока службы лампы.

Кроме йода и брома, галогенный цикл в автомобильных лампах накаливания обеспечивают соединения брома: бромистый метилен CH_3Br_2 и бромистый метил CH_2Br_2 .

Световая отдача галогенных ламп составляет 22–25 лм/Вт, что в 1,5 раза превышает световую отдачу обычных ламп. Для реализации галогенного цикла необходима высокая температура стенок колбы — до 600–700 °С. Поэтому колбу галогенной лампы изготавливают из кварцевого стекла. Колба имеет небольшие размеры. Для обеспечения более равномерного отложения вольфрама на спиральной нити накала она должна быть выполнена в форме прямого цилиндра. Выводы галогенной лампы изготавливают из молибдена, температурный коэффициент расширения которого близок к коэффициенту расширения кварцевого стекла.

Однонитевые галогенные лампы категорий *H1*, *H2* и *H3* применяются в противотуманных фарах, фарах-прожекторах и фарах рабочего освещения. Кроме того, они могут быть использованы в четырехфарных системах головного освещения. Лампы *H1* и *H2* имеют нить, рас-

положенную вдоль оси колбы, и отличаются конструкцией цоколя. Нить накала в лампе *H3* расположена перпендикулярно оси колбы.

Двухнитевую галогенную лампу категории *H4* устанавливают в фарах головного освещения. Специальный цоколь P43i/38 исключает установку лампы в не предназначенный для нее оптический элемент. Нити дальнего и ближнего света лампы категории *H4* имеют форму цилиндров и расположены вдоль оптической оси.

8.2.3. Параметры ламп накаливания

Сила тока, потребляемого лампой от источника электроэнергии, световой поток и световая отдача зависят от напряжения. Отечественная промышленность выпускает лампы с номинальным напряжением 6, 12 и 24 В. Расчетное напряжение ламп выше и составляет соответственно 6,3–6,75; 12,6–13,5 и 28 В. При повышении напряжения относительно расчетного значения увеличиваются сила тока, температура спирали, световой поток и световая отдача, но резко сокращается срок службы лампы. При понижении напряжения нить накала нагревается меньше, поэтому световой поток и световая отдача уменьшаются. При снижении напряжения на 50–60 % лампа практически не излучает света.

Для повышения уровня унификации, стандартизации и сокращения номенклатуры световых приборов автомобилей различного целевого назначения выпускают взаимозаменяемые лампы, независимо от их номинального напряжения. Характеристики световых приборов обычно нормируют при установке в них ламп, рассчитанных на номинальное напряжение 12 В. При других номинальных напряжениях требуемые характеристики тех же световых приборов обеспечиваются путем соответствующих изменений в конструкции лампы.

Напряжение питания ламп накаливания на автомобиле зависит от настройки регулятора напряжения, состояния источников электроэнергии в цепях питания световых приборов, от количества включенных потребителей, сечения и протяженности соединительных проводов. Лампы должны выдерживать возможные в системе электрооборудования автомобиля колебания напряжения.

8.2.4. Обозначение автомобильных ламп накаливания

Отечественные автомобильные лампы имеют обозначение типа (например А12–45+40), в которое входят буква А (автомобильная), указание на величину номинального напряжения (6, 12 и 24 В) и по-

требляемую мощность в ваттах нитей накала дальнего и ближнего света. Значения мощности двухнитевых ламп пишутся одно за другим через знак "+". К перечисленным составляющим обозначения типа лампы может быть через знак "-" добавлена цифра для указания модификации типа. В обозначение типа галогенных ламп (например АКГ12–60+55) дополнительно введены буквы К (кварцевая) и Г (галогенная). Буквенные обозначения МН и С относятся к миниатюрным и софитным лампам соответственно.

Для фар головного освещения с европейской системой светораспределения выпускается единая двухнитевая лампа со специальным унифицированным фланцевым цоколем типа P45t/41. Фланец ступенчатой формы напаян на цоколь диаметром 22 мм. Наличие двух базовых опорных поверхностей фланца позволяет применять лампу в оптических элементах фар с фокусными расстояниями 27 и 22 мм. Лампа имеет три штекерных вывода по контактную колодку, вставляется с задней стороны отражателя и закрепляется пружинящими защелками.

Отечественная промышленность выпускает двухнитевые галогенные лампы АКГ12–60+55 и АКГ24–75+70 (категория Н4) для головных фар с европейским светораспределением и одонитевые лампы АКГ12–55, АКГ24–70 (категория Н1) и АКГ12–55–1, АКГ24–70–1 (категория Н3) для прожекторов и противотуманных фар.

Светосигнальные фонари обеспечивают необходимые светотехнические характеристики при силе света от единиц до 700 кд. Номинальная мощность ламп светосигнальных фонарей не превышает 21 Вт. Для сигналов торможения и указателей поворота выпускают лампы А12–21–3 и А24–21–2 с штифтовым цоколем BA15s/19. Двухнитевая лампа А12–21+5 с цоколем BAY15d предназначена для фонарей, совмещающих функции габаритного огня и сигнала торможения. В габаритные фонари устанавливают одонитевые лампы А12–5–2 и А24–5–2 с цоколем W2,1×9,5d. Выпускают также софитные лампы AC12–5–1 с цоколем SV8,5/8, а для освещения салона приборов, блоков контрольных ламп и световых ламп и световых табло – лампы А12–1, А24–1, А12–1,2, А24–2, АМН12–3–1 и АМН24–3. Миниатюрный цоколь BA9s/14 имеют одонитевые лампы А12–4–1 и АМН24–4.

8.2.5. Автомобильные светодиоды

Светодиоды применяются в щитках приборов на передней панели, в отдельных узлах для подсветки кнопок и ручек управления вместо миниатюрных ламп накаливания. Светодиодные линейки используются в

сигналах торможения и световых индикаторах для построения шкал и цифр. Прогрессивные технологии и применение новых материалов позволили создать светодиоды с высокой световой отдачей, которые обеспечивают силу света, достаточную для изготовления световых приборов, хорошо видимых даже при ярком солнечном свете. Сверхяркие диоды открывают дополнительные возможности для конструкторов автомобилей при замене ламп накаливания в элементах светотехники.

Светодиоды обладают значительно большей надежностью. Их срок службы превышает срок службы автомобиля. Изделие, выполненное на светодиодных материалах, сохраняет свое функциональное назначение при выходе из строя одного или нескольких светодиодов, но при перегорании нити накала лампы изделие полностью прекращает выполнять свои функции.

Цвет свечения светодиода, сила света и световой поток зависят от силы потребляемого тока. Вольт-амперная характеристика светодиода аналогична вольт-амперной характеристике обычного диода с $p-n$ -переходом со всеми присущими ему недостатками. В частности, длина волны и интенсивность излучаемого света зависят от температуры (рис. 8.10, а). Изменение длины волны излучения для светодиода при изменении температуры составляет $0,1 \text{ нм}/^\circ\text{C}$.

В связи с тем, что температура полупроводникового перехода в первую очередь определяется силой тока, особое внимание необходимо уделять правильному выбору силы тока при конструировании светодиодного прибора и поддержанию заданной силы тока при эксплуатации. Типовое (номинальное) значение силы тока в прямом направлении указывается в технической характеристике светодиода. У автомобильных светодиодов сила тока в прямом направлении составляет около

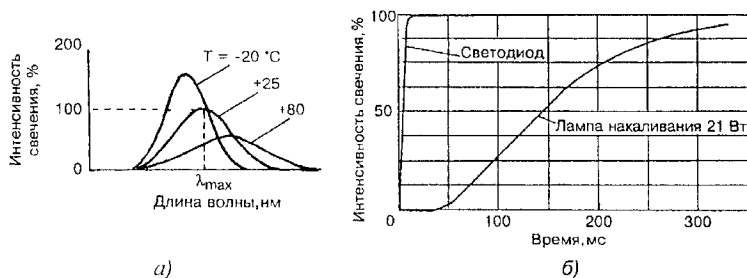


Рис. 8.10. Изменение интенсивности свечения светодиода:

а при различных температурах; б от времени включения светодиода и лампы накаливания

20 мА, у суперультраярких светодиодов 80 мА, у слаботочных диодов 1–2 мА. Схемотехническое решение по стабилизации тока определяется качеством напряжения питания. Не рекомендуется параллельное или смешанное соединение группы светодиодов, так как из-за разброса параметров, несмотря на то, что светодиоды разбиты по классам, сила тока в них не будет одинаковой и, следовательно, интенсивность свечения будет различной. Для большинства групп светодиодов целесообразно использовать стабилизированные источники тока.

На рис. 8.10, б приведена зависимость изменения интенсивности свечения при включении светодиодов и ламп накаливания от времени включения. Если в светодиоде типовая сила света (интенсивность излучения) достигается за 1,4 мкс, то в лампе накаливания сила света, составляющая 75 % типовой силы света, обеспечивается лишь за время, превышающее 200 мс, что при нормальной реакции водителя на сигнал торможения при скорости движения 120 км/ч соответствует сокращению дистанции между движущимися автомобилями примерно на 5 м.

В зависимости от условий применения светодиоды могут иметь различное конструктивное исполнение. На рис. 8.11 изображены светодиоды с дополнительными оптическими элементами, обеспечивающими светотехнические характеристики, аналогичные сверхминиатюрным лампам накаливания. Диоды могут иметь сферическую, куполообразную форму или плоский верх. Частью корпуса может быть линза как бесцветная, так и подкрашенная в цвет свечения светодиода.

Появление сверхярких автомобильных диодов и замена ими ламп накаливания открывает перед конструкторами значительные дополнительные возможности по дизайну кузова автомобиля, особенно если светодиоды используются в конструкции габаритных фонарей, сигналов торможения, указателей поворота и их боковых повторителей.

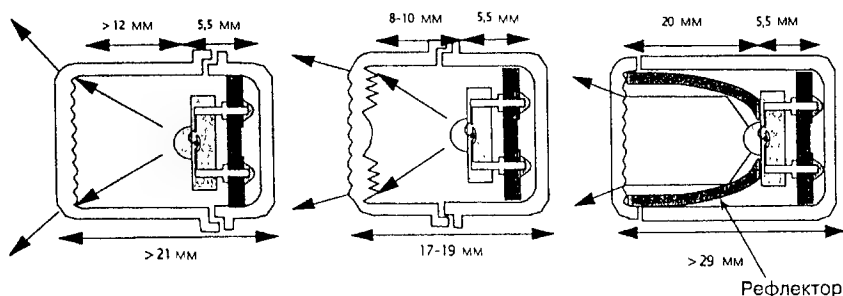


Рис. 8.11. Аналоги ламп накаливания на светодиодах

8.2.6. Ксеноновые лампы

На автомобилях находят применение новые источники света — ксеноновые лампы, спектр излучения которых близок к солнечному свету. Светоизлучение ксеноновой лампы обеспечивает дуговой разряд между электродами, которые расположены в колбе, заполненной инертным газом. Светоотдача лампы достигает 80 лм/Вт, они не перегорают и не боятся вибраций.

Однако, чтобы ионизировать инертный газ, необходимо обеспечить пробой междуэлектродного промежутка начальным импульсом напряжения 20 кВ. Кроме того, рабочий режим лампы обеспечивается при подаче на электроды переменного тока напряжением 330 В и частотой 300 Гц. Эти проблемы в настоящее время решаются с помощью полупроводниковых преобразователей путем трехступенчатого преобразования напряжения.

Ксеноновая лампа D1 благодаря большей светоотдаче имеет мощность 35 Вт. Масса ее 15 г. В то же время масса преобразователя составляет примерно 0,5 кг. Для установки на автомобиле системы освещения с ксеноновой лампой необходимо использовать как минимум два комплекта таких преобразователей, чтобы обеспечить требуемое светораспределение фар дальнего и ближнего света. Это делает систему головного освещения достаточно сложной и дорогостоящей.

8.3. ГОЛОВНЫЕ ФАРЫ ДАЛЬНОГО И БЛИЖНЕГО СВЕТА

8.3.1. Формирование светового пучка в фарах прожекторного типа

В темное время суток при высоких скоростях движения необходимо освещать дорогу и обочину перед автомобилем на расстоянии 50—250 м. Это позволяет водителю своевременно оценивать дорожную обстановку и избегать столкновений с препятствиями. Для освещения дороги на автомобилях и другие транспортные средства устанавливают фары и прожекторы. Распределение света фары на дороге зависит от конструкции оптического элемента и установленной в нем лампы.

Световой пучок фары может быть сформирован **прожекторным** или **проекторным методом**. Наиболее распространенный прожекторный метод обеспечивает концентрацию и распределение светового потока источника тока отражателем и при необходимости его перераспределение рассеивателем в соответствии с заданным режимом освещения.

Для концентрации светового пучка при таком методе его формирования используется параболический отражатель с круглым или прямоугольным (усеченным) отверстием.

В качестве преломляющих элементов применяют цилиндрические, сферические и эллипсоидные линзы, призмы и линзы—призмы. В зависимости от преломляющей структуры рассеивателя добиваются как изменения формы светового пучка, так и силы света в различных направлениях светораспределения.

Формирование необходимой структуры светового пучка обеспечивается также изменением положения тела накала относительно фокальной точки отражателя.

Отраженные от параболоида лучи идут узким пучком параллельно оптической оси, если в фокусе F (рис. 8.12, $a-v$) отражателя помещен точечный источник света. Нить накала лампы имеет конечные размеры. Технологически невозможно обеспечить точную геометрическую форму параболоида отражателя и у него вместо фокуса имеет место фокальная область. Поэтому в фарах отраженные лучи представляют собой слабо расходящийся пучок света.

Световой поток источника света распространяется в пределах телесного угла 4π . На отражатель падает световой поток, расходящийся в телесном угле ω_1 , которому соответствует плоский угол охвата 2φ . После отражения этот поток собирается в малом телесном угле ω_2 , при сечении которого меридиональной плоскостью получают плоский угол излучения 2γ . Даже при некотором уменьшении отраженного светово-

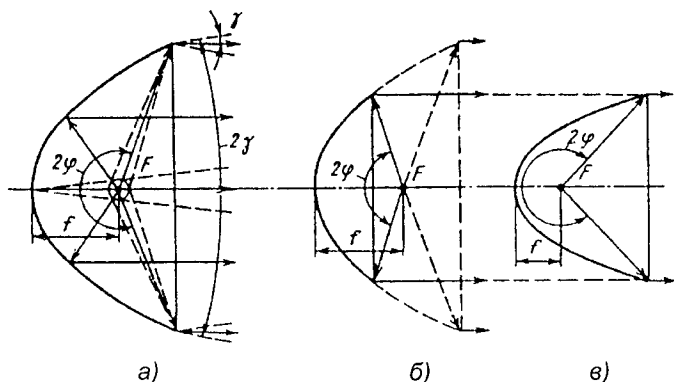


Рис. 8.12. Параметры параболического отражателя:

a — распределение светового потока при расположении тела накала в фокусе; $б$ — мелкая фара; $в$ — глубокая фара

го потока из-за потерь на поглощение света концентрация пучка отраженных лучей в малом телесном угле ω_2 позволяет во много раз увеличить силу света в нем по сравнению с силой света нити накала лампы.

Параболоидные отражатели автомобильных фар увеличивают силу света лампы в нужном направлении в 200—400 раз и тем самым обеспечивают необходимую освещенность дороги на значительно больших расстояниях. Так, лампа силой света 50 кд без отражателя дает освещенность 1 лк на расстоянии около 7 м. При наличии отражателя сила света в центре светового отверстия фары возрастает до 10 000—40 000 кд и освещенность 1 лк достигается на расстоянии $l = 100\text{—}200$ м. При расчете освещенности дальних участков дороги принимают во внимание только пучок отраженных лучей. Часть светового потока источника, которая проходит мимо отражателя через световое отверстие в пределах телесного угла $4\pi - \omega_1$ сильно расходящимся пучком, освещает лишь близлежащие участки дороги в пределах 5—10 м. Эта часть светового потока называется непреобразованной и обычно экранируется (дополнительный экран в фаре или чернение вершины колбы лампы Н4), так как из-за большого угла рассеяния она ухудшает видимость при движении в тумане или в дождливую погоду.

Полезная часть светового потока будет больше при увеличении угла 2φ . Угол охвата можно увеличить путем уменьшения фокусного расстояния f при неизменном диаметре светового отверстия или, оставляя неизменным фокусное расстояние, увеличением диаметра светового отверстия. Глубокий параболоид с малым фокусным расстоянием изготовлять сложнее. При небольшом фокусном расстоянии больше нарушается требуемое распределение света в отраженном световом потоке вследствие меньшей точности геометрической формы штампованного отражателя. Возможности увеличения диаметра светового отверстия ограничены условиями размещения фары на автомобиле. Обычно угол охвата отражателей автомобильных фар не превышает 240° . Мелкие отражатели с большим фокусным расстоянием применяют в прожекторах, так как они создают остронаправленный световой пучок с незначительным рассеиванием.

Поверхность отражателей, штампуемых из стали, покрывают слоем лака (для создания более гладкой поверхности) и алюминировуют. Коэффициент отражения алюминиевого покрытия достигает 0,9. Качество отражающего слоя, так же как и точность геометрической формы отражателя, существенно влияет на характеристики светораспределения фары.

Отражатели в оптических элементах автомобильных фар и прожекторов предохраняют от воздействия окружающей среды защитными

ми стеклами. В фарах головного освещения защитные стекла—рассеиватели осуществляют вторичное распределение светового потока в вертикальной и горизонтальной плоскостях, обеспечивая требуемый уровень освещенности на различных участках дорожного полотна. При изготовлении в пресс-формах на внутренней поверхности рассеивателя формируют линзы и призмы. Вертикальные цилиндрические линзы рассеивают световой пучок в стороны. Сила света, максимальная вдоль оптической оси фары, постепенно уменьшается при отклонении от оптической оси в горизонтальной плоскости и резко падает при отклонении луча вверх или вниз. Двойной угол рассеивания, в котором сила света снижается до 8—10 % максимального значения (световой пучок максимальной концентрации), составляет 18—24° в горизонтальной и 5—9° в вертикальной плоскостях.

Сферические линзы позволяют получить световой пучок, одинаково рассеянный в обеих плоскостях. При эллипсоидных линзах получают различные углы рассеяния светового пучка во взаимно перпендикулярных плоскостях. В случае использования призм добиваются изменения распространения части светового потока в результате соответствующей ориентации преломляющей грани призмы.

8.3.2. Системы светораспределения

Автомобильные фары должны удовлетворять двум противоречивым требованиям: хорошо освещать дорогу перед автомобилем и не ослеплять водителей транспортных средств при встречном разъезде. Ослепление светом фар водителей встречных автомобилей является серьезной проблемой, непосредственно связанной с обеспечением безопасности движения. В настоящее время она решается применением двухрежимных систем головного освещения с дальним и ближним светом.

Дальний свет фар предназначен для освещения дорожного полотна перед автомобилем при отсутствии встречного транспорта. Ближний свет обеспечивает освещение дороги перед автомобилем при движении в населенных пунктах или при разъезде со встречным транспортным средством на шоссе. Ближний свет значительно снижает ослепление участников дорожного движения при достаточном уровне освещенности дороги и правой стороны обочины. Фары головного освещения должны обеспечивать необходимую видимость дороги и объектов на ней при дальнем и ближнем свете. Переключение с дальнего света на ближний при встречном разъезде должно осуществляться водителями обоих транспортных средств одновременно при расстоянии между машинами не менее 150 м.

Для получения дальнего и ближнего света в двухфарных системах освещения используют двухнитевые лампы накаливания. Современные автомобили оборудуют фарами головного освещения с американской и европейской системами асимметричного светораспределения ближнего света. Асимметричный световой пучок обеспечивает лучшую освещенность той стороны дороги, по которой движется автомобиль, и уменьшает ослепление водителя встречного транспорта.

В лампах фар с американской и европейской системами светораспределения нить накала дальнего света располагают в фокусе отражателя. Световой пучок дальнего света с малым углом рассеяния может быть получен при минимальных размерах спирали, выполняемой в виде дуги, лежащей в горизонтальной плоскости. Большие линейные размеры нити дальнего света по горизонтали обуславливают большее рассеяние светового пучка в горизонтальной плоскости.

В фарах с американской системой светораспределения нить 2 ближнего света (рис. 8.13, а) в виде спирали цилиндрической формы смещена несколько вверх и вправо относительно фокуса, если смотреть на отражатель со стороны светового отверстия. Спираль ближнего света расположена поперек оптической оси.

Если источник света выведен из фокуса, отраженный параболоидом пучок света отклоняется от оптической оси. При этом пучок света разделяется на две части. Одна часть светового пучка, попадающая на внутреннюю поверхность отражателя от вершины до фокальной плоскости AA , отражается вправо и вниз относительно оптической оси. Остальная часть светового пучка, отражаемая от внешней части параболоида между фокальной плоскостью AA и плоскостью светово-

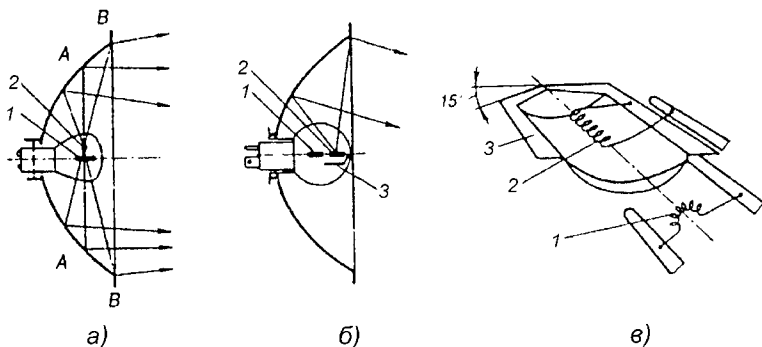


Рис. 8.13. Автомобильные фары с различными системами распределения ближнего света:
 1 — нить дальнего света; 2 — нить ближнего света; 3 — экран

го отверстия *ВВ*, направлена влево и вверх и попадает в глаза водителя встречного автомобиля.

Световой пучок фар ближнего света с американской системой распределения не имеет четкой светотеневой границы. Увеличение угла рассеяния отраженного светового пучка требует дополнительного светораспределения рассеивателем со сложной структурой оптических микроэлементов. Для уменьшения светового потока лучей, направленных вверх и влево от оптической оси, применяют отражатели с меньшей глубиной. Светораспределение фар американской системы регламентируется силой света в контрольных точках измерительного экрана.

В фарах с европейской системой светораспределения нить 2 ближнего света (рис. 8.13, б) цилиндрической формы выдвинута вперед по отношению к нити 1 дальнего света и расположена чуть выше и параллельно оптической оси. Лучи от нити ближнего света, попадающие на верхнюю половину отражателя, отражаются вниз и освещают близлежащие участки дороги перед автомобилем. Непрозрачный экран 3, расположенный под нитью 2 ближнего света, исключает попадание световых лучей на нижнюю половину отражателя, поэтому глаза водителя встречного транспортного средства находятся в теневой зоне.

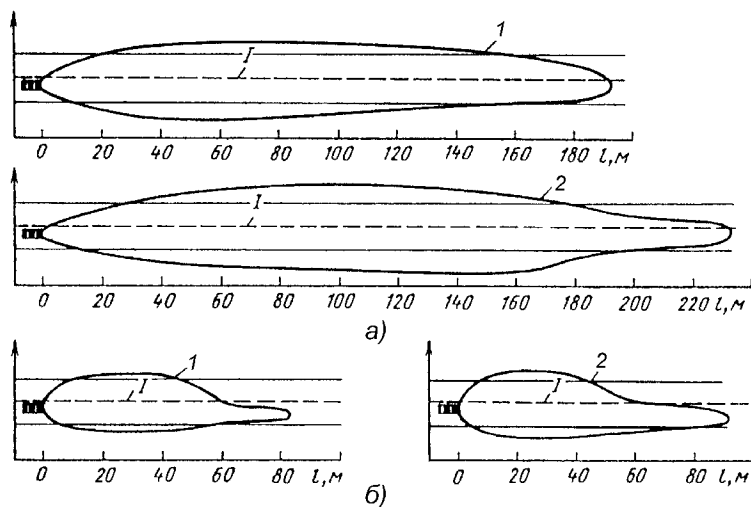


Рис. 8.14. Схемы световых пятен на дороге при освещении фарой с европейской системой светораспределения:

а — дальний свет; *б* — ближний свет; *1* — с обычной лампой накаливания категории R2; *2* — с галогенной лампой категории H4; *I* — осевая линия дороги

Одна сторона экрана $З$ отогнута вниз на угол 15° (рис. 8.13, в), что позволяет увеличить площадь активной поверхности левой половины отражателя и освещенность правой обочины и правой полосы движения автомобиля (рис. 8.14).

Световой пучок фар с европейской системой светораспределения при их работе в режиме ближнего света имеет четко выраженную светотеневую границу (рис. 8.15), что обеспечивает четкое разделение на освещенную зону и зону неслепящего действия. Фары европейской системы, предназначенные для правостороннего движения, при освещении ближним светом вертикального экрана должны создавать на нем светотеневую границу, имеющую с левой стороны горизонтальный участок, а с правой — участок, направленный под углом 15° к горизонту.

Рассеиватель фары европейской системы меньше влияет на организацию светораспределения по сравнению с фарой американ-

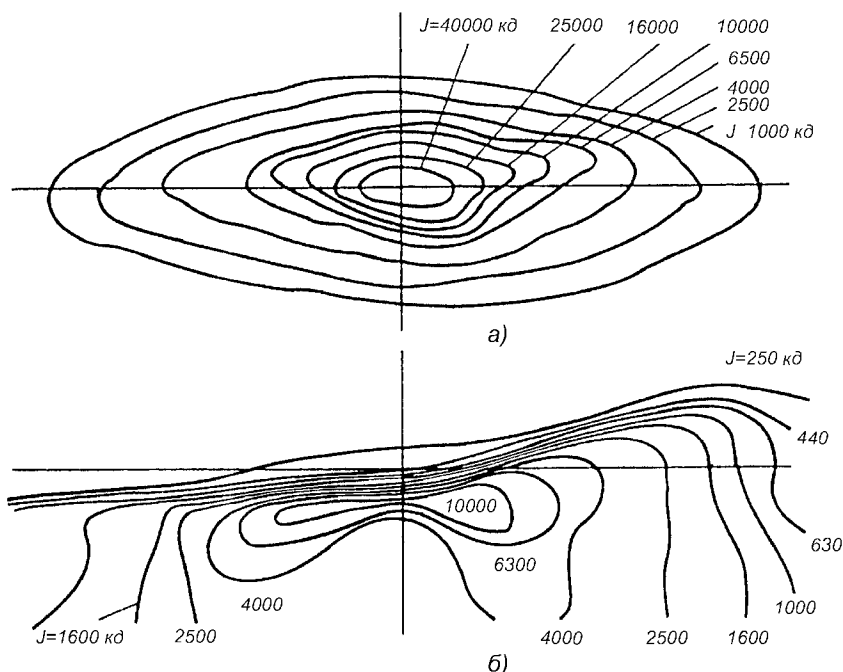


Рис. 8.15. Светораспределение фар европейской системы:

а дальний свет; *б* ближний свет

ской системы. Большая часть нижней половины рассеивателя при ближнем свете не используется и рассчитана на распределение дальнего света, что улучшает характеристики фары в режиме дальнего света.

8.3.3. Нормирование светораспределения

На рис. 8.16 даны схема расположения АТС на посту проверки света фар, форма светотеневой границы и размещение контрольных точек на экране:

а) для режима "ближний свет" с наклонным правым участком светотеневой границы;

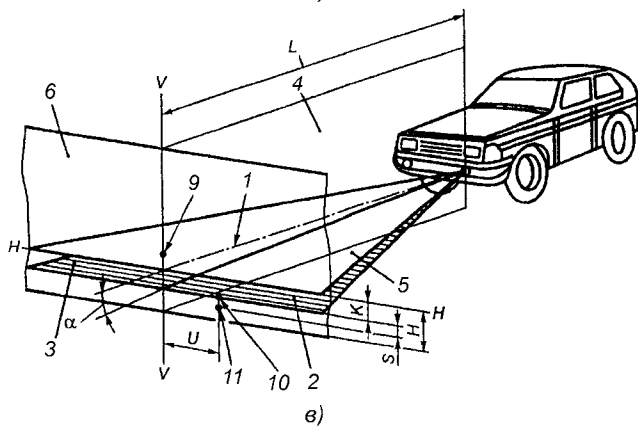
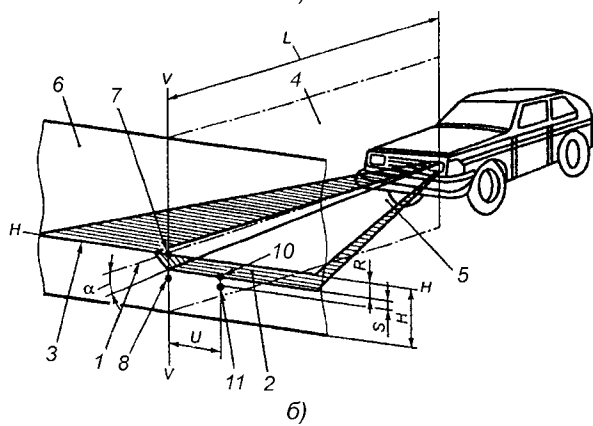
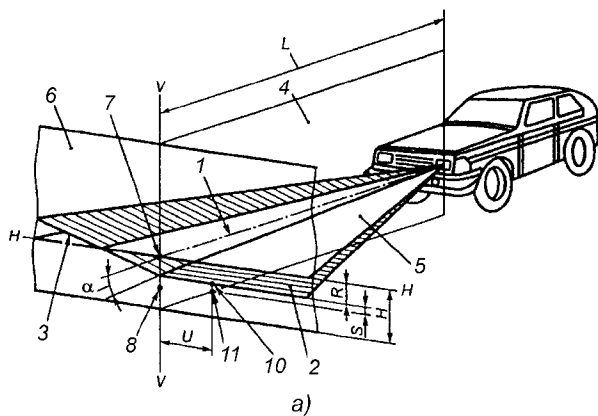
б) для режима "ближний свет" с ломаным правым участком светотеневой границы;

в) для противотуманных фар.

Угол наклона плоскости, содержащий левую (от АТС) часть верхней светотеневой границы пучка ближнего света фар типов С, НС, DC, CR, HCR, DCR, измеренный в вертикальной плоскости, парал-

Рис. 8.16. Схема расположения АТС на посту проверки света фар, форма светотеневой границы и размещение контрольных точек на экране:

a — для режима "ближний свет" с наклонным правым участком светотеневой границы; *б* — для режима "ближний свет" с ломаным правым участком светотеневой границы; *в* — для противотуманных фар; *1* — ось отсчета; *2* — горизонтальная (левая) часть светотеневой границы; *3* — наклонная (правая) часть светотеневой границы; *4* — вертикальная плоскость, проходящая через ось отсчета; *5* — плоскость, параллельная плоскости рабочей площадки, на которой установлено АТС; *6* — плоскость матового экрана; *α* — угол наклона светового пучка к горизонтальной плоскости; *L* — расстояние от оптического центра фары до экрана; *7* — положение контрольной точки для измерения силы света в направлении оси отсчета светового прибора; *8* — положение контрольной точки для измерения силы света в режиме "ближний свет" в направлении линии, расположенной в одной вертикальной плоскости с оптической осью прибора для проверки и регулировки фар и направленной под углом 52° ниже горизонтальной части светотеневой границы светового пучка ближнего света; *9* — положение контрольной точки для измерения силы света противотуманных фар в направлении 3° вверх; *10, 11* — координаты точек для измерения положения светотеневой границы в вертикальной плоскости; *R* — расстояние по экрану от проекции оптического центра фары до положения горизонтальной (левой) части светотеневой границы; *K* — расстояние по экрану от проекции оптического центра фары до положения светотеневой границы пучка света противотуманной фары; *H* — расстояние от проекции оптического центра фары до плоскости рабочей площадки; *U, S* — координаты точек измерения положения светотеневой границы в горизонтальной и вертикальной плоскостях соответственно (значения $U \leq 600$ мм; $S = 174,5$ мм)



лельной продольной центральной плоскости АТС, должен быть в пределах $\pm 0,5$ % нормативного значения угла регулировки, указанного в эксплуатационной документации и (или) обозначенного на АТС. При отсутствии на АТС и в эксплуатационной документации данных о нормативном значении угла регулировки фары типов С, НС, DC, CR, HCR, DCR должны быть отрегулированы в соответствии с указанными на рис. 8.16, а или 8.16, б и в табл. 8.4 значениями угла наклона светового пучка α к горизонтальной плоскости. Нормативы угла регулировки заданы значениями угла α в зависимости от расстояния H установки оптического центра фары над плоскостью рабочей площадки для расстояния L от оптического центра фары до экрана или расстоянием R по экрану от проекции оптического центра фары до световой границы пучка света и расстояниями L и H .

Таблица 8.4.

Геометрические показатели расположения светотеневой границы пучка ближнего света фар на матовом экране в зависимости от высоты установки фар и расстояния до экрана

Расстояние от оптического центра фары до плоскости рабочей площадки H , мм	Номинальный угол наклона светового пучка фары в вертикальной плоскости α		Расстояние R от проекции оптического центра до светотеневой границы фары на экране, удаленном на 10 м, мм
	угл. мин	%	
До 600	34	1,00	100
От 600 до 700	45	1,30	130
" 700 " 800	52	1,50	150
" 800 " 900	60	1,76	176
" 900 " 1000	69	2,00	200
" 1000 " 1200	75	2,20	220
" 1200 " 1500	100	2,90	290

Угловое отклонение в горизонтальном направлении точки пересечения левого горизонтального и правого наклонного участков светотеневой границы светового пучка фар типов С, НС, DC, CR, HCR, DCR от вертикальной плоскости, проходящей через ось отсчета, должно быть не более $\pm 0,5$ %.

На АТС, фары которых снабжены корректирующим устройством, последнее при загрузке АТС должно устанавливаться в положение, соответствующее загрузке.

Точка пересечения левого горизонтального и правого наклонного участков светотеневой границы пучка ближнего света должна находиться в вертикальной плоскости, проходящей через ось отсчета.

Сила света каждой из фар в режиме ближний свет, измеренная в направлении оптической оси фары и в направлении 52' вниз от левой части светотеневой границы, должна соответствовать значениям, указанным в табл. 8.5.

Таблица 8.5

Сила света при регулировке фар в режиме ближний свет

Тип фары	Сила света в направлении оптической оси фары, кд, не более	Сила света в направлении 52' вниз от левой части световой границы, кд, не менее
C; CR	800	1600*
HC; HCR; DC; DCR	950	2200*
* В случае несоответствия параметров, полученных при неработающем двигателе, проводят измерение при работающем двигателе.		

Проверку параметров, указанных в табл. 8.4, проводят после регулировки положения светового пучка ближнего света. При несоответствии параметров фары указанным в табл. 8.6 нормативам проводят повторную регулировку в пределах $\pm 0,5$ % в вертикальном направлении от номинального значения угла и повторное измерение силы света.

Фары типов R, HR, DR должны быть отрегулированы так, чтобы центр светового пучка совпадал с точкой пересечения оптической оси фары с экраном (точка 7 на рис. 8.16, а и б).

Сила света всех фар типов R, HR, CR, HCR, DR, DCR, расположенных на одной стороне АТС, в режиме "дальний свет" должна быть не менее 10 000 кд, а суммарная сила света всех головных фар указанных типов не должна быть более 225 000 кд.

Силу света фар типов CR, HCR, DCR в режиме "дальний свет" измеряют в направлении оптической оси фары.

Силу света фар типов R, HR, DR измеряют в направлении оптической оси фары после проведения регулировки, указанной выше.

Противотуманные фары (тип В) должны быть отрегулированы так, чтобы плоскость, содержащая верхнюю светотеневую границу пучка, была расположена, как указано на рис. 8.16, в и в табл. 8.6.

При этом верхняя светотеневая граница пучка противотуманной фары должна быть параллельна плоскости рабочей площадки, на которой установлена АТС.

Регулировочные параметры при регулировке противотуманных фар

Расстояние от оптического центра фары до плоскости рабочей площадки H , мм	Номинальный угол наклона светового пучка фары в вертикальной плоскости α		Расстояние R от проекции оптического центра фары до светотеневой границы на экране, удаленном на 10 м, мм
	угл. мин	%	
250—750	69	2,0	200
750—1000	140	4,0	400

Сила света противотуманных фар, измеренная в вертикальной плоскости, проходящей через ось отсчета, должна быть не более 625 кд в направлении 3° вверх от положения светотеневой границы.

При несоответствии силы света указанной выше величине проводят повторную регулировку не ниже минус 0,5 % в вертикальном направлении от номинального значения угла и измерение силы света.

Фары европейской системы имеют более рациональное светораспределение. Сила света лучей, идущих выше оптической оси, у фар с американской системой выше. Ослепляющее действие фар американской системы больше. В то же время освещенность дороги фарой американской системы при переключении с дальнего света на ближний меняется меньше. Фара европейской системы по сравнению с фарой американской системы лучше освещает правую полосу дороги и обочину. Однако при движении автомобиля по неровной дороге колебания светотеневой границы приводят к быстрому утомлению зрения водителя. Фары с американской системой светораспределения с размытым световым пучком ближнего света менее чувствительны к неровностям дороги.

Обе системы обеспечивают безопасный встречный разезд автомобилей только на прямой ровной дороге при условии правильной регулировки оптических элементов и своевременного переключения дальнего света на ближний.

8.3.4. Усовершенствованные системы

Для улучшения условий освещения дороги разрабатываются так называемые "интеллектуальные" устройства, обеспечивающие автоматическое регулирование светораспределения фар головного освещения в зависимости от метеоусловий и геометрического профиля дорожного полотна. Очевидно, что требования к структуре светового пучка фары при движении машины по скоростной магистрали, по не-

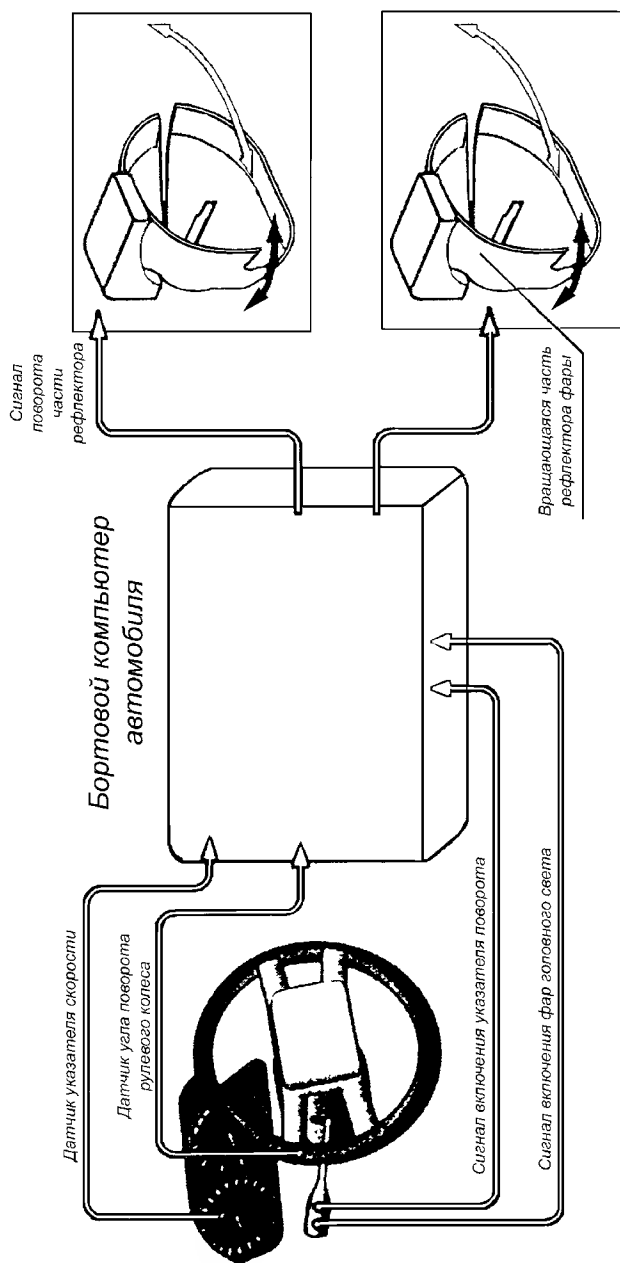


Рис. 8.17. Структурная схема усовершенствованной системы головного освещения

освещенным дорогам в сельской местности и по дорогам со значительными изгибами не могут быть одинаковыми.

Усовершенствованные системы освещения, разработанные в рамках европейской программы "Эврика AFS", позволяют получить желаемое светораспределение пучка головного света за счет вращения части отражателя (рис. 8.17) или установки в блок-фаре дополнительных поворачиваемых фар проекторного типа, у которых к тому же может изменяться интенсивность свечения.

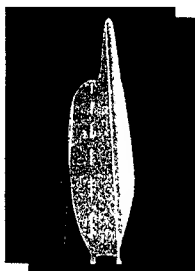
Информация для выполнения функций "интеллектуального света" поступает с датчиков угла поворота рулевого колеса, скорости движения автомобиля и его ускорения, включения указателей поворота, направления взгляда водителя и т.д.

Изображения световых пучков фар головного освещения в усовершенствованных системах, наглядно иллюстрирующие улучшения условий освещения дорожного полотна, представлены на рис. 8.18.



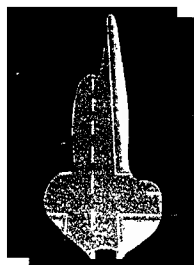
"Хайвей" свет

Улучшение поля видимости и комфорта вождения при определенных высоких скоростях при движении по магистрали



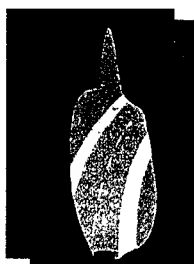
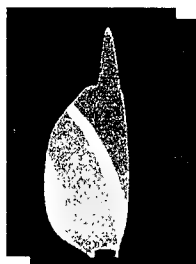
"Кантри" свет

Улучшение обзора предметов и людей на обочине дороги. Повышение комфорта вождения



"Поворотный" свет

(условие перекрестка)
Улучшение поля бокового обзора при включении указателя поворота на перекрестке (с левой и правой стороны)



"Поворотный свет"

(условие поворота дороги)
Улучшение обзора и светораспределения головных фар в соответствии с углом поворота дорожного полотна. Повышение безопасности дорожного движения

Рис. 8.18. Структура пучка света усовершенствованной системы головного освещения в различных дорожных ситуациях

8.3.5. Конструкция фар

Фара дальнего света. Установка обязательна на автомобилях, на прицепах — запрещена.

Если транспортное средство оснащено четырьмя укрываемыми фарами, то две дополнительные фары разрешается устанавливать только для световой сигнализации, заключающейся в эпизодическом включении фар на короткие промежутки времени при дневном свете.

Размещение по длине — спереди транспортного средства; устанавливаются таким образом, чтобы излучаемый свет не мешал водителю ни непосредственно, ни косвенно за счет отражения зеркалами заднего обзора и/или другими отражающими поверхностями транспортного средства.

Видимость освещающей поверхности, в том числе ее видимость в зонах, кажущихся неосвещенными в рассматриваемом направлении наблюдения, должна обеспечиваться внутри расширяющегося пространства, ограниченного образующими, опирающимися на весь контур освещающей поверхности и составляющими с исходной осью фары угол не менее 5° . Основанием углов геометрической видимости служит периметр проекции освещающей поверхности на поперечную плоскость, касательную к крайней передней части фары.

Направление — вперед.

Фары дальнего света могут включаться одновременно или попарно. При переключении ближнего света на дальний должна включаться, по крайней мере, одна пара фар дальнего света. При переключении дальнего света на ближний все фары дальнего света должны включаться одновременно.

Фары ближнего света могут оставаться включенными одновременно с фарами дальнего света.

Контрольный сигнал включения является обязательным.

Максимальная сила света всех фар дальнего света, которые могут быть включены одновременно, не должна превышать 225 000 кд, что соответствует контрольному значению, равному 75.

Эта максимальная сила света представляет собой сумму отдельных контрольных значений, которые указаны на каждой фаре. На каждой из фар с маркировкой R или CR проставляется контрольное значение 10 (30 000 кд).

Фара ближнего света. Установка обязательна на автомобилях, запрещена на прицепах.

Размещение:

по ширине — край поверхности, видимой в направлении исходной оси, который в наибольшей степени удален от средней продольной

плоскости транспортного средства, должен находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства.

Расстояние между внутренними краями поверхностей, видимых в направлении исходных осей, должно составлять не менее 600 мм. Это требование не применяется к транспортным средствам категории M_1 ; для других транспортных средств это расстояние может быть уменьшено до 400 мм в случаях, когда общая ширина транспортного средства составляет менее 1300 мм;

по высоте — не менее 500 мм и не более 1200 мм над уровнем грунта. Для транспортных средств категории N_3G максимальная высота может быть увеличена до 1500 мм;

по длине — в передней части транспортного средства. Устанавливается таким образом, чтобы излучаемый свет не мешал водителю ни непосредственно, ни косвенно за счет отражения зеркалами заднего вида и/или другими отражающими поверхностями транспортного средства.

Геометрическая видимость

Определяется вертикальными α и горизонтальными β углами:

$\alpha = 15^\circ$ вверх и $\alpha = 10^\circ$ вниз;

$\beta = 45^\circ$ наружу и $\beta = 10^\circ$ внутрь.

Поскольку фотометрические параметры, которым должны отвечать фары ближнего света, соблюдаются не во всех зонах геометрического поля обзора, для сертификации по типу конструкции необходимо, чтобы минимальная сила света в таких "остаточных" зонах составляла 1 кд. Наличие стенок или другого оборудования, расположенного вблизи фары, не должно давать побочного эффекта, причиняющего неудобства другим участникам дорожного движения.

Первоначальное направление светотеневой границы фары ближнего света вниз в случае снаряженного транспортного средства с одним человеком на сиденье водителя должно устанавливаться предприятием-изготовителем с точностью до 0,1 % и указываться на каждом транспортном средстве рядом с фарами или табличкой предприятия-изготовителя в виде четкого нестираемого условного обозначения.

Устройство, регулирующее положение фары, должно быть автоматическим.

Однако ручные регулирующие устройства непрерывного или ступенчатого типа допускаются к установке, если в них предусмотрено фиксированное положение, из которого огни могут быть возвращены в положение первоначального направления с помощью обычных регулировочных винтов или аналогичных средств.

Ручные регулирующие устройства должны приводиться в действие с сиденья водителя.

В случае поломки регулирующих устройств фара ближнего света не должна возвращаться в более низкое положение по сравнению с первоначальным (т.е. до поломки).

После первоначальной установки наклон фары ближнего света по вертикали, выраженный в процентах, измеряют в статических условиях при всех нагрузках в соответствии с приложением Д.

Применение головных фар ближнего света с газоразрядными источниками света допускается только при условии одновременной установки устройства очистки фар.

Круглые фары. Наибольшее распространение в нашей стране имели круглые фары ФГ140 с европейской системой светораспределения (рис. 8.19). На ребра внутренней части корпуса 5 установ-

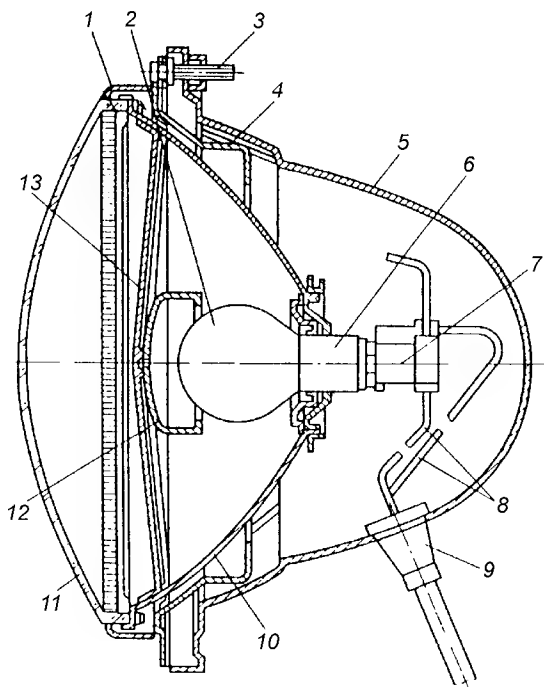


Рис. 8.19. Автомобильная фара ФГ140:

1 — внутренний ободок; 2 — лампа; 3 — регулировочный винт; 4 — опорное кольцо; 5 — корпус; 6 — цоколь лампы; 7 — соединительная колодка; 8 — провода; 9 — держатель проводов; 10 — отражатель; 11 — рассеиватель; 12 — экран; 13 — держатель экрана

лено опорное кольцо 4 оптического элемента, которое прижимается к корпусу пружиной. По периферии опорного кольца предусмотрены пазы, в которые входят головки регулировочных винтов 3. Винты ввертывают в гайки, закрепленные на корпусе, обеспечивая необходимую регулировку направления светового пучка фары в горизонтальной и вертикальной плоскостях в пределах угла $\pm 4^{\circ}30'$.

Одна из сторон опорного кольца служит привалочной плоскостью для оптического элемента, который крепят к кольцу тремя винтами с помощью внутреннего ободка 1. Для фиксации оптического элемента в определенном положении кольцо имеет три несимметрично расположенных окна.

Металлостеклянный оптический элемент объединяет параболоидный отражатель 10 с фокусным расстоянием 27 мм, рассеиватель 11, приклеенный к отражателю, и лампу 2. Отражатель изготовляют из стальной ленты. Алюминированная отражающая поверхность его для предотвращения окисления, повышения стойкости к воздействию влаги и механическим повреждениям покрыта тонким слоем специального лака.

В оптический элемент фары ФГ140 со стороны вершины параболоидного отражателя устанавливают двухнитевую лампу с унифицированным фланцевым цоколем 6 (P45t/41). Выводы лампы выполнены в виде прямоугольных штекерных пластин, на которые надевают соединительную колодку 7 с проводами 8 и держателем проводов 9. В оптический элемент фары монтируют также лампы габаритного и стояночного огней. Экран 12, перекрывающий выход прямых лучей лампы накаливания, прикреплен к отражателю заклепками с помощью держателя 13.

Прямоугольные фары. Имеют параболоидный отражатель, ограниченный снизу и сверху горизонтальными плоскостями. Благодаря увеличению ширины светового отверстия в горизонтальной плоскости обеспечивается лучшее освещение дороги на большом расстоянии.

Рассеиватель 8 (рис. 8.20) прямоугольной фары соединяют по фланцу со штампованным корпусом 6 с помощью прокладки 12 или самотвердеющей поливинилхлоридной массы (неразъемное соединение). Корпус 6 прикреплен к пластмассовому кожуху 4 винтами 9. Винты 9 с пластмассовыми гайками 10 обеспечивают регулирование направления светового пучка фары на автомобиле. В отражателе 5 с помощью пластины 3 закреплена фланцевая

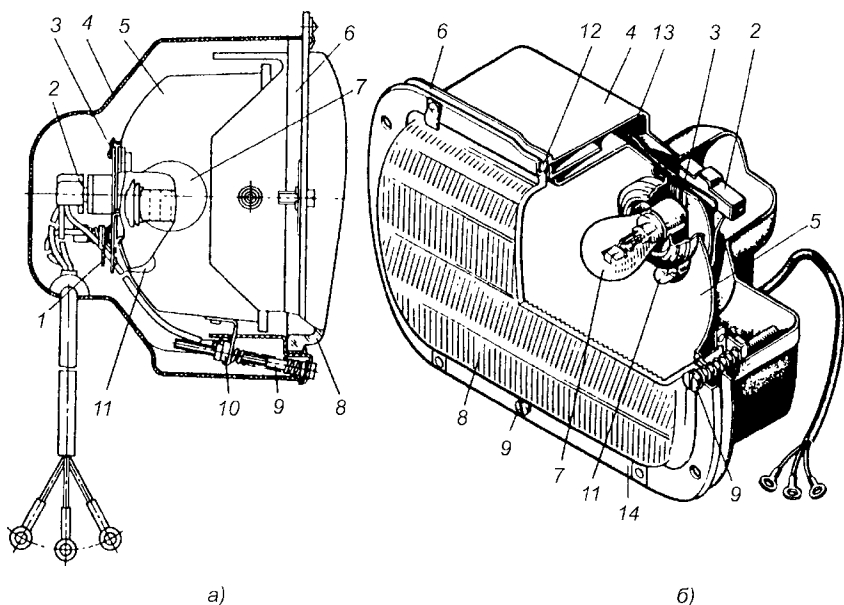


Рис. 8.20. Прямоугольная фара:

а — устройство; *б* — внешний вид; 1 — контактная пластина; 2 — соединительная колодка; 3 — металлическая пластина; 4 — пластмассовый кожух; 5 — отражатель; 6 — корпус; 7 — двухнитевая лампа; 8 — рассеиватель; 9 — винт; 10 — пластмассовая гайка; 11 — лампа габаритного огня; 12 — уплотнительная прокладка; 13 — пружинная защелка; 14 — ободок

двухнитевая лампа 7 типа А12—45+40. В верхней части пластины 3 расположена пружинная защелка 13, которая прижимает фланец цоколя лампы. На штекеры лампы надевается соединительная колодка 2 проводов.

Дополнительная лампа 11 габаритного огня типа А12—4 закреплена в патроне пластины 3 с помощью пластинчатой пружины. Провод, идущий к лампе габаритного огня, зафиксирован подпружиненным зажимом на контактной пластине 1.

В прямоугольной фаре используются галогенная лампа 2 (рис. 8.21) и лампа 5 габаритного огня. Фара имеет устройство для корректирования наклона светового пучка в зависимости от нагрузки. Ручку 10 корректора устанавливают в положения, соответствующие полной нагрузке и ненагруженному состоянию автомобиля. Для замены лампы снимают крышку 3. Регулирование све-

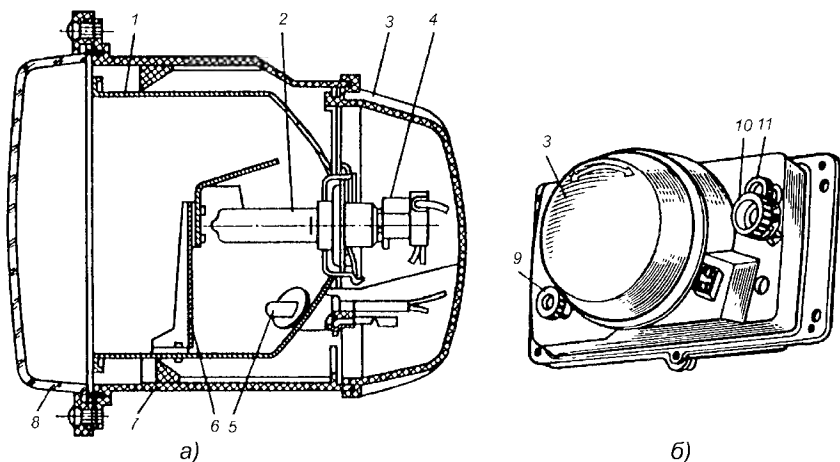


Рис. 8.21. Прямоугольная фара с галогенной лампой:

а — устройство; *б* — расположение ручек регулирования; 1 — отражатель; 2 — галогенная лампа; 3 — крышка; 4 — соединительная колодка; 5 — лампа габаритного огня; 6 — экран; 7 — корпус; 8 — рассеиватель; 9 — ручка регулирования в горизонтальной плоскости; 10 — ручка корректора; 11 — ручка регулирования в вертикальной плоскости

тораспределения фар в горизонтальной и вертикальной плоскостях осуществляется ручками 9 и 11. Доступ к регулировочным ручкам предусмотрен со стороны подкапотного пространства автомобиля.

Гомофокальные фары. Для улучшения аэродинамических качеств передняя часть автомобиля должна иметь меньшую высоту, срезанные углы на виде сбоку и в плане. Для таких автомобилей необходимы фары малой высоты и большой ширины с увеличенной шириной луча для ближнего света, что позволяет применять рассеиватели с большим углом наклона в двух плоскостях. Кроме того, фары должны занимать как можно меньше места в подкапотном пространстве.

Достигнуть требуемых светотехнических характеристик при приемлемых соотношениях ширины, высоты и глубины фары позволяет принцип гомофокальности, т.е. объединения нескольких усеченных параболоидных элементов с различным фокусным расстоянием (например 20 и 40 мм) при совмещенных положениях их фокусов. Необходимый эффект достигается благодаря тому, что излучение от расфокусированного источника

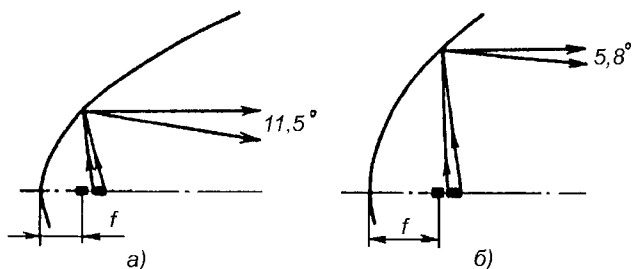


Рис. 8.22. Отражение света, излучаемого телом накала, отражателями с различными фокусными расстояниями:

$a - f = 20$ мм; $b - f = 40$ мм

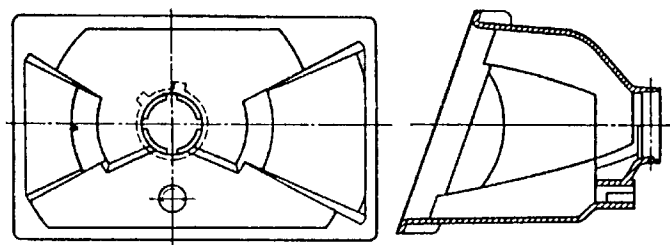


Рис. 8.23. Конструктивная схема гомофокального отражателя двухрежимной фары

тела накала при ближнем свете происходит у различных участков отражателя по-разному. Это зависит от их фокусного расстояния (рис. 8.22).

Гомофокальный отражатель (рис. 8.23) komponуется из отдельных секторов разнофокусных отражателей таким образом, чтобы обеспечить формирование светораспределения дальнего и ближнего света при оптимальных размерах и оптимальной преломляющей структуре рассеивателя. Требуемое светораспределение в режимах ближнего и дальнего света обеспечивается только отражателем.

Отражатели сложного профиля для гомофокальных фар изготавливают из пластмасс с высокой термостойкостью, обеспечивающей работу фары с галогенными лампами. Устройство гомофокальной фары показано на рис. 8.24. Сравнение двух светооптических систем по относительным размерам отражателей дано на рис. 8.25. Со-

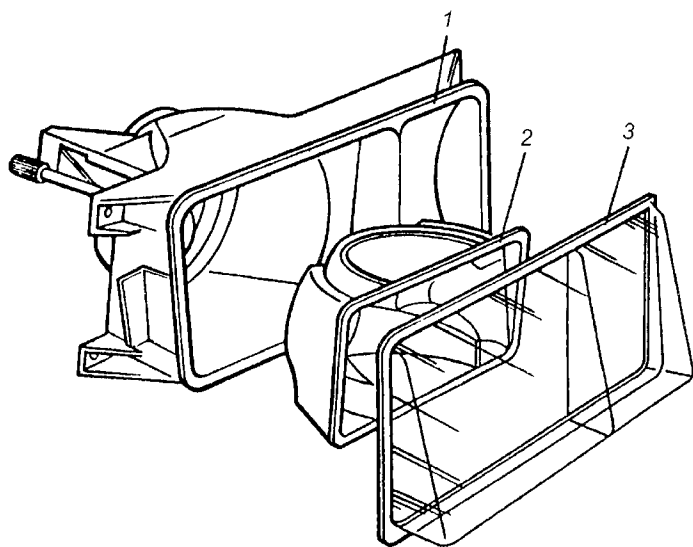


Рис. 8.24. Элементы гомофокальной фары:
1 корпус; 2 отражатель; 3 рассеиватель

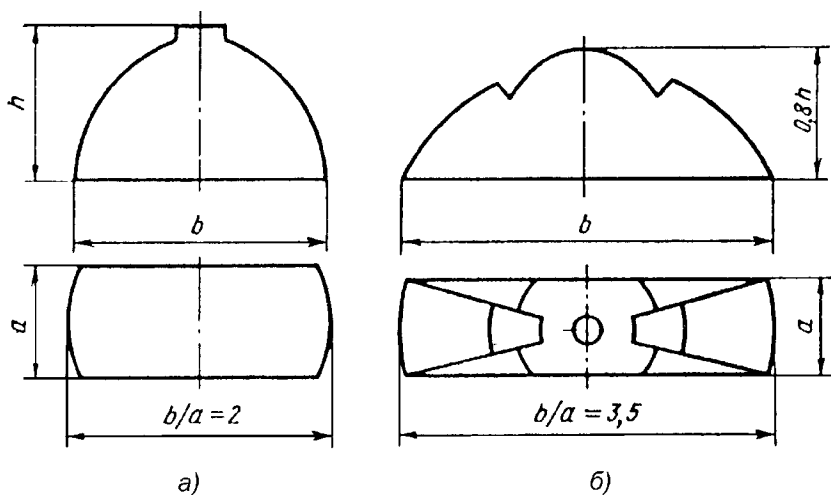


Рис. 8.25. Относительные размеры отражателей:
 a — традиционных; b — гомофокальных

единение в одном узле определенных участков отражателей гомофокальных фар позволило уменьшить глубину h внедрения фары в подкапотное пространство и увеличить отношение ширины фары b к ее высоте a .

Бифокальные фары. В четырехфарных системах с отдельными режимами освещения используются фары с бифокальным отражателем (рис. 8.26) ближнего света со смешанной светотехнической системой. Отражатель такой фары состоит из двух частей с различным положением фокальных точек по разные стороны от тела накала источника света и границей раздела между частями отражателя. Граница раздела зеркально соответствует форме, создаваемой светотеневой границей асимметричного светораспределения ближнего света. Рассеиватели приборов систем освещения с разделенными режимами имеют относительно простую преломляющую структуру.

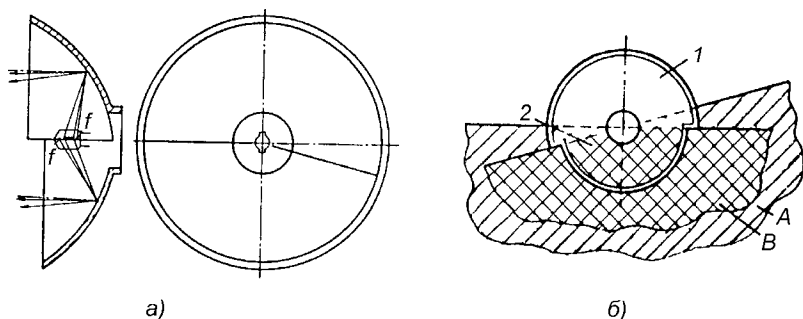


Рис. 8.26. Бифокальный отражатель фары ближнего света:

a — конструктивная схема; b — зоны светораспределения; 1, 2 — соответственно верхняя и нижняя части отражателя; A, B — зоны светораспределения, образованные соответственно верхней и нижней частями отражателя

Эллипсоидные фары. В последнее время получил распространение проекторный принцип формирования светораспределения с помощью проекционной оптики (конденсаторной линзы). Такой принцип реализуется светоптической системой с эллипсоидным отражателем 1 (рис. 8.27). Тело накала устанавливается в переднем фокусе F_1 эллипсоида. После отражения световой пучок концентрируется в зоне второго фокуса F_2 отражателя на относительно малой площадке, где устанавливается экран с формой границы, симметричной светотеневой границе заданного режима освещения (ломаной для ближнего

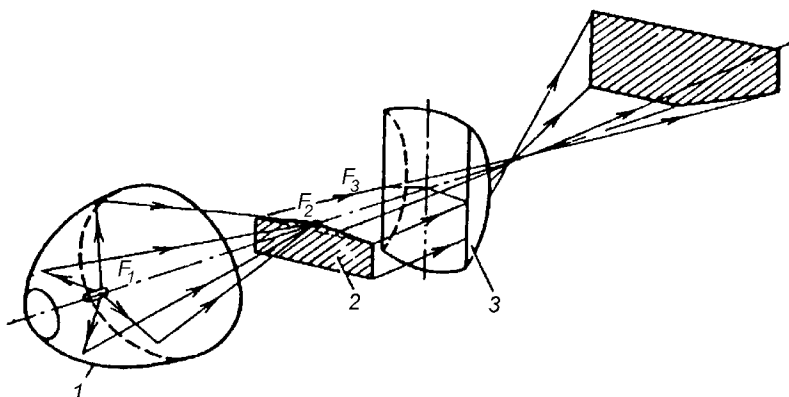


Рис. 8.27. Формирование светового пучка ближнего света проекторной системой с эллипсоидным отражателем:

1 — отражатель; 2 — экран; 3 — линза

света головных фар и прямоугольной для противотуманных фар). Изображение в плоскости экрана проецируется на дорожное полотно конденсаторной линзой, фокальная точка F_3 которой совпадает со вторым фокусом эллипсоидного отражателя.

Блок-фара. Объединяет в одном корпусе все или часть передних световых приборов и имеет общий или составной рассеиватель. При наличии общего рассеивателя упрощается его очистка. Недостатком блок-фар является невозможность их унификации для различных автомобилей. Правая и левая блок-фары одного автомобиля невзаимозаменяемы. Каждая блок-фара (рис. 8.28) включает фару головного освещения с лампой 2, габаритный огонь с лампой 3 и указатель поворота с лампой 8.

Рассеиватель 6 приклеен к пластмассовому корпусу 7, закрытому сзади пластмассовым кожухом 1. Внутри корпуса установлен отражатель 5. Провода от ламп 2 и 3 подведены к колодке 9, которая удерживается пружинным фиксатором 10.

Фары-прожекторы (рис. 8.29). Дают концентрированный световой луч и служат для освещения дальних участков дороги. Их устанавливают на автомобилях, которым разрешено движение с повышенной скоростью. Прожекторы включаются вместе с дальним светом фар при отсутствии встречных транспортных средств. Высота установки прожекторов не нормируется. Две фары-прожектора должны устанавливаться на одной высоте.

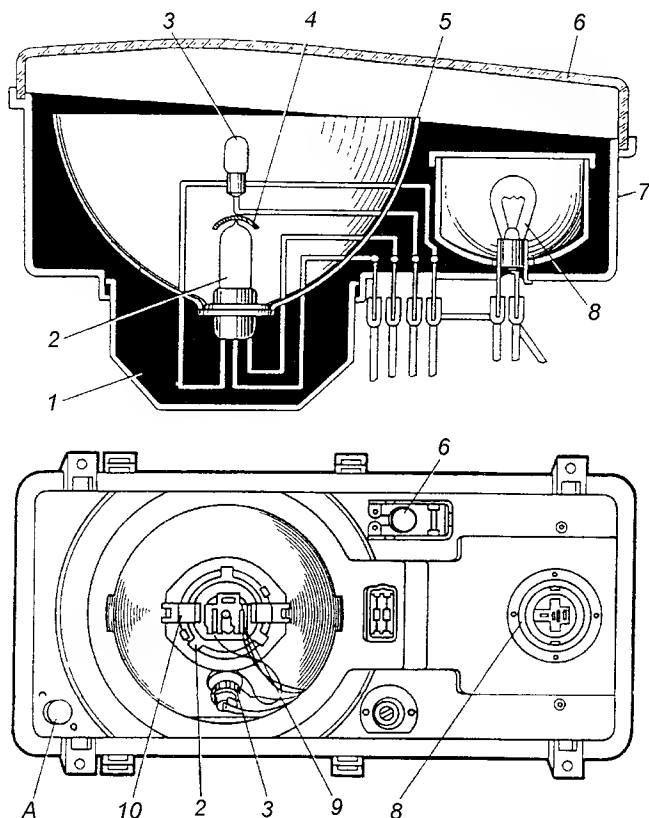


Рис. 8.28. Блок-фара:

1 — кожух; 2 — лампа фары; 3 — лампа габаритного огня; 4 — экран; 5 — отражатель; 6 — рассеиватель; 7 — корпус; 8 — лампа указателя поворота; 9 — штекерная колодка; 10 — пружинный фиксатор; А, Б — винты регулирования света фар в горизонтальном и вертикальном направлениях

Прожекторы-искатели. Предназначены для временного освещения предметов, расположенных вне зоны действия фар головного освещения. Они имеют узкий световой пучок и устанавливаются на поворотном кронштейне.

Примеры схем включения фар на автомобилях приведены на рис. 8.30—8.32.

На автомобилях ВАЗ моделей 2110, 2111 и 2112 применяются блок-фары, имеющие в своем составе фары ближнего и дальнего све-

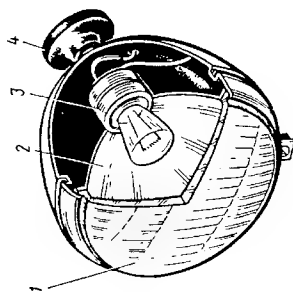


Рис. 8.29. Фара-прожектор автомобиля КамАЗ:

1 — оптический элемент; 2 — отражатель; 3 — патрон с лампой; 4 — рукоятка

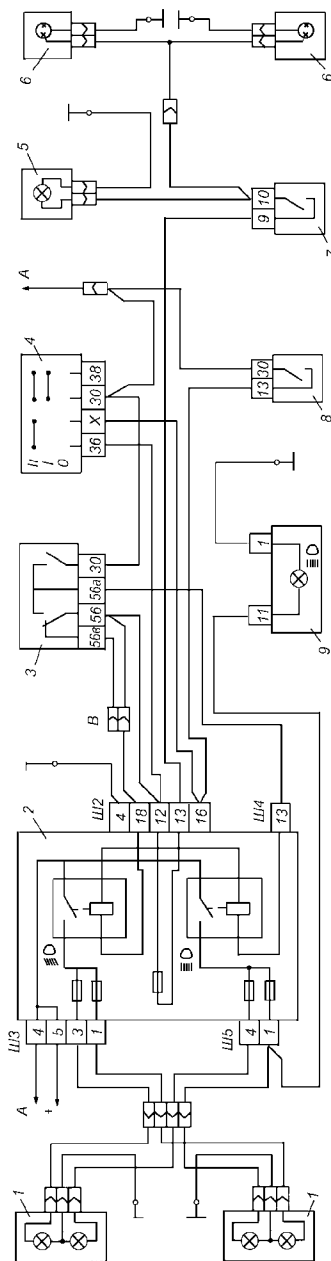


Рис. 8.30. Схема включения фар и противотуманного света автомобилей ВАЗ моделей 2110, 2111 и 2112:

1 — блок-фара; 2 — монтажный блок; 3 — переключатель света фар; 4 — переключатель наружного освещения; 5 — контрольная лампа противотуманного света; 6 — лампа противотуманного света в наружных задних фонарях; 7 — выключатель противотуманного света; 8 — выключатель зажигания; 9 — контрольная лампа дальнего света фар в комбинации приборов; K4, K5 — реле включения света фар соответственно ближнего и дальнего; A — к источникам питания; B — колодка для переключения проводов при установке фар другого типа

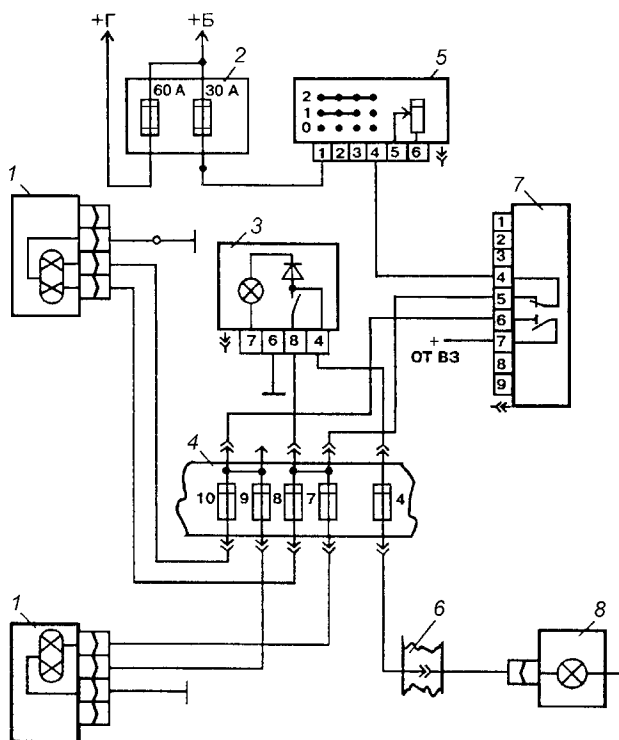


Рис. 8.31. Схема включения фар и заднего противотуманного фонаря автомобиля "ГАЗель":

1 фары; 2 блок силовых предохранителей; 3 выключатель противотуманного заднего фонаря; 4 нижний блок предохранителей; 5 переключатель освещения; 6 штекерная колодка; 7 переключатель указателей поворота, света фар и звукового сигнала; 8 задний противотуманный фонарь

та с однопроводными лампами и указатели поворота. Кроме того, в одной из фар находится лампа габаритного огня. Ближний и дальний свет фар (рис. 8.30) включается с помощью вспомогательных реле К4 и К5, размещенных в монтажном блоке. Напряжение на обмотки реле подается от переключателя 3 света фар при полностью нажатой клавише переключателя 4 наружного освещения. При кратковременном включении дальнего света фар для сигнализации напряжения к контакту "30" переключателя 3 света фар подается непосредственно от источника электроснабжения независимо от положения клавиши переключателя 4. В жгуте проводов предусмотрена колодка В для пере-

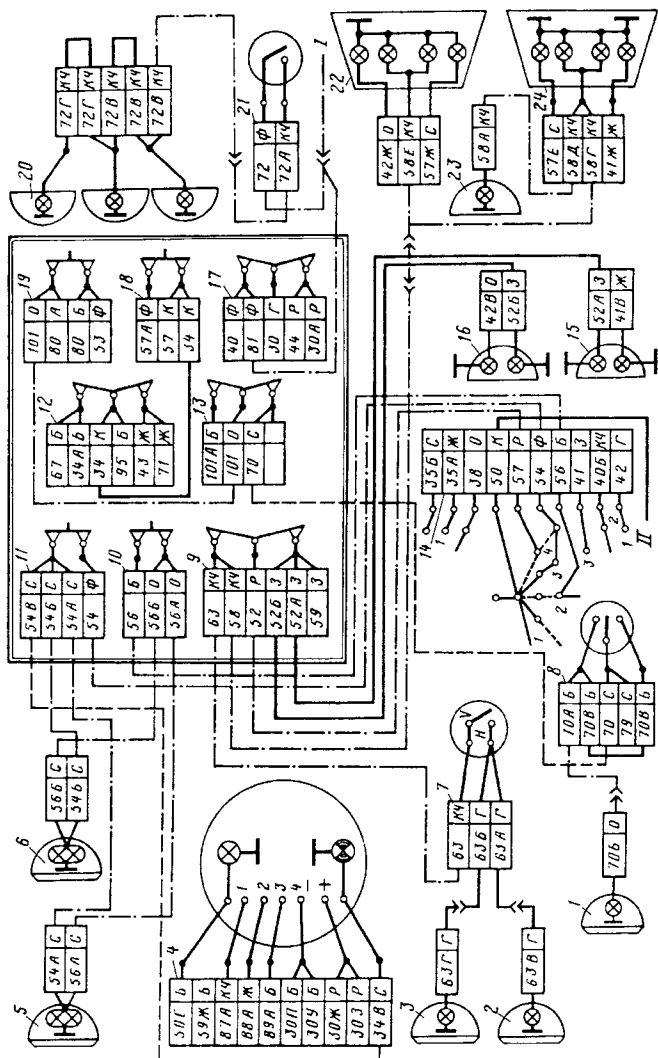


Рис. 8.32. Схема системы наружного освещения автомобиля КамАЗ:

1 — к реле электровыключателей отопителя; 11 — к выключателю приборов и стартера; 1 — фара-прожектор; 2, 3 — противотуманные левая и правая фары; 4 — спидометр; 5, 6 — фары головного света левая и правая; 7 — выключатель противотуманных фар; 8 — переключатель фары прожектора; 9, 12, 13 и 17 — предохранители на силу тока 7,5 А; 10, 11, 18 и 19 — предохранители на силу 10 А; 14 — комбинированный переключатель света; 15, 16 — передние левый и правый фонари; 20 — фонарь автопоезда; 21 — выключатель фонарей автопоезда; 22, 24 — задние правый и левый фонари; 23 — фонарь освещения номерного знака

ключения проводов при установке блок-фар с двухнитевыми лампами ближнего света.

Схема включения фар и заднего противотуманного фонаря автомобиля "ГАЗель" приведена на рис. 8.31.

На автомобилях КамАЗ устанавливаются две фары ФГ150В с симметричным светораспределением и двухнитевыми лампами А24-60-40. Фара состоит из оптического элемента, отражателя, патрона, лампы, корпуса, защитного ободка, прокладки и штекерного разъема с защитным колпачком.

Ближний и дальний свет фар по схеме, данной на рис. 8.32, включается и переключается комбинированным переключателем 14 (П145). Цепи ближнего и дальнего света фар защищены предохранителями ПРЗ10. При включении ближнего света фар ток проходит по цепи: "+" аккумуляторных батарей — вывод электростартера — амперметр — вывод "АМ" выключателя приборов и стартера — комбинированный переключатель света — предохранитель на 10 А — нить ближнего света лампы — корпус фары и автомобиля ("масса") — выключатель аккумуляторных батарей — "-" аккумуляторных батарей.

8.3.6. Противотуманные фары

При наличии тумана, интенсивных осадков или пылевых облаков ухудшение видимости приводит к снижению скорости движения автомобилей. Необходимый уровень безопасности движения автомобиля в этих условиях должен обеспечиваться световыми приборами.

В тумане ближний и дальний свет фар головного освещения не обеспечивают удовлетворительной видимости дороги. Лучи ближнего и особенно дальнего света отражаются от мельчайших капелек тумана, рассеиваются и создают молочно-белую пелену перед автомобилем, которая ослепляет водителя. При включении обычных фар головного освещения в тумане с метеовидимостью меньше 20 м водитель автомобиля практически не видит дорогу и объекты на ней.

Условия видимости в темное время суток при движении в тумане, в снегопад и дождливую погоду зависят от светораспределения и точности регулирования фар. Для улучшения видимости дорожного полотна, обозначения габаритных размеров автомобиля и снижения аварийности во время туманов, дождей и снегопадов применяют противотуманные фары и фонари.

Противотуманные фары должны включаться при включенных габаритных огнях независимо от включения фар дальнего и (или) ближнего света.

Передняя противотуманная фара. Установка ее факультативна на автомобилях, запрещена на прицепах.

Число — две.

Размещение:

по ширине — та точка поверхности, видимой в направлении исходной оси, которая в наибольшей степени удалена от средней продольной плоскости транспортного средства, должна находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства;

по высоте — не менее 250 мм над поверхностью грунта и не более 800 мм над поверхностью грунта для транспортных средств категории M_1 .

Для транспортных средств других категорий максимальная высота не ограничена.

Однако ни одна из точек на поверхности, видимой в направлении исходной оси, не должна находиться выше наиболее высокой точки поверхности, видимой в направлении исходной оси, фары ближнего света;

по длине — спереди транспортного средства. Это условие считают выполненным, если излучаемый свет не мешает водителю ни непосредственно, ни косвенно за счет отражения зеркалами заднего вида и/или другими отражающими поверхностями транспортного средства.

Геометрическая видимость определяется вертикальными α и горизонтальными β углами:

$\alpha = 5^\circ$ вверх и вниз,

$\beta = 45^\circ$ наружу и $\beta = 10^\circ$ внутрь.

Ориентация передних противотуманных фар не должна меняться в зависимости от угла поворота руля. Фары должны быть направлены вперед, но при этом не ослеплять и не создавать излишнего неудобства водителям встречных транспортных средств и другим участникам дорожного движения.

Функциональная электрическая схема должна обеспечивать возможность включения и выключения передних противотуманных фар независимо от фар дальнего света, ближнего света или любой их комбинации.

Контрольный сигнал является обязательным. Выполняет функции независимого немигающего предупреждающего сигнала.

Задний противотуманный огонь. Установка обязательна.

Число — один или два.

Размещение:

по ширине — если имеется только один задний противотуманный огонь, то он должен находиться с левой стороны от средней продольной плоскости транспортного средства, при этом исходный центр может быть расположен на средней продольной плоскости транспортного средства;

по высоте — не менее 250 мм и не более 1000 мм над уровнем грунта.

Для транспортных средств категории N_3G (повышенной проходимости) высота может быть увеличена до 1200 мм;

по длине — сзади транспортного средства.

Геометрическая видимость определяется углами α и β .

Вертикальный угол $\alpha = 5^\circ$ вверх и вниз.

Горизонтальный угол $\beta = 25^\circ$ вправо и влево.

Направление — назад.

Функциональная электрическая схема должна быть такой, чтобы выполнялось следующее:

задний(е) противотуманный(е) огонь (огни) можно было включать только в случае, если включены фары дальнего и ближнего света или передние противотуманные фары;

задний(е) противотуманный(е) огонь (огни) можно было включать независимо от любого другого огня;

удовлетворялось одно из положений:

задний(е) противотуманный(е) огонь (огни) может (могут) оставаться включенным(и) до тех пор, пока не выключены габаритные огни, после чего задний(е) противотуманный(е) огонь (огни) должен(ны) оставаться выключенным(и) до тех пор, пока он(и) не будет(ут) включен(ы) еще раз;

если переключатель заднего противотуманного огня находится в положении "включено", то в дополнение к обязательному контрольному сигналу должен подаваться как минимум звуковой сигнал предупреждения.

Контрольный сигнал включения является обязательным. Он представляет собой независимый и немигающий световой сигнал предупреждения.

Во всех случаях расстояние между задним противотуманным огнем и каждым сигналом торможения должно быть не менее 100 мм.

Противотуманные фары отличаются от обычных большим углом рассеяния светового пучка в горизонтальной плоскости и более чет-

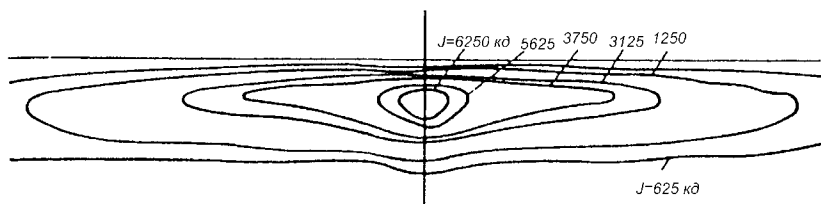


Рис. 8.33. Светораспределение противотуманной фары

кой верхней светотеневой границей (рис. 8.33). Такое светораспределение в горизонтальной плоскости создается соответствующим микрорельефом внутренней поверхности рассеивателя с вертикальными цилиндрическими линзами и экраном перед лампой. Большой угол рассеяния светового пучка обеспечивает хорошую видимость дороги и обочины на расстоянии 15–25 м.

Для того чтобы уменьшить рассеивающее действие тумана на световой пучок, противотуманные фары устанавливают ближе к дорожному полотну. В этом случае уменьшается длина пути световых лучей до пересечения с полотном дороги. Размещать противотуманные фары следует не выше фар ближнего света.

Для достижения большего цветового контраста рассеиватели противотуманных фар иногда изготавливают из желтого стекла. Однако заметных преимуществ изменения спектрального состава излучения таких фар нет. Цвет светового пучка фары практически не влияет на условия видимости в тумане средней и высокой плотности. Лучи желтого света с большей длиной волны лучше проникают через туман малой плотности или пылевую среду с малыми размерами частиц, соизмеримыми с длиной световых волн. В фары с рассеивателями желтого цвета устанавливают лампы большей мощности. *Цвет рассеивателей двух противотуманных фар на одном автомобиле должен быть одинаковым.*

Противотуманные фары могут иметь круглое или прямоугольное световое отверстие (рис. 8.34). Их встраивают в кузов, бампер или прикрепляют к бамперу автомобиля с помощью кронштейна. Противотуманные фары могут входить в состав блок-фары.

Оптическая система противотуманной фары включает отражатель 2 (рис. 8.35) параболического типа, рассеиватель 1, лампу 4, нить накала которой расположена в фокусе отражателя, и экран 3. Лампу устанавливают в патроне 5 (фары ФГ119) или в специальном держателе 15 галогенной лампы АКГ12–55–1 категории НЗ (фара 11.3743).

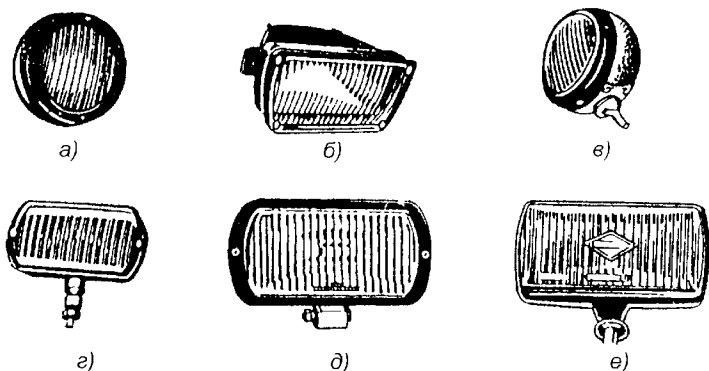


Рис. 8.34. Противотуманные фары:

a — ФГ106; *б* — ФГ108; *в* — ФГ119; *г* — ФГ120; *д* — ФГ152 с галогенной лампой; *е* — 11.3743 с галогенной лампой

Противотуманные фары устанавливают в качестве дополнительного светотехнического оборудования на некоторые типы автомобилей и автобусов непосредственно на заводах-изготовителях или в эксплуатации.

Фары ФГ119 с круглым световым отверстием и лампой А12—50+40 применяют на грузовых автомобилях и автобусах ЗИЛ, МАЗ, ЛАЗ, ЛиАЗ, ПАЗ. Фару устанавливают снаружи автомобиля обычно над или под буфером с помощью болта, закрепленного шарнирно в корпусе.

Прямоугольная фара ФГ120 предназначена для легковых автомобилей и автобусов. Ее также монтируют на буфере или под ним с помощью болта. Шарнирное соединение болта с корпусом фары позволяет регулировать световой пучок в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Светораспределение фары ФГ120 отвечает требованиям Правила № 19 ЕЭК ООН.

Противотуманную фару ФГ152 с галогенной лампой АКГ24—70 (категории *Н1*) используют на автомобилях семейства КамАЗ, фару ФГ152—Б с лампой АКГ12—55 (категории *Н1*) — на автомобилях ЗИЛ.

При включении противотуманных фар вместо ближнего света фар головного освещения в условиях плохой видимости на 20—30 % увеличивается скорость движения автомобиля. Для уменьшения слепящего действия на водителей встречного транспорта противотуманные фары рекомендуется применять при езде в городе. Благодаря большому углу рассеяния светового пучка по горизонтали противотуманные

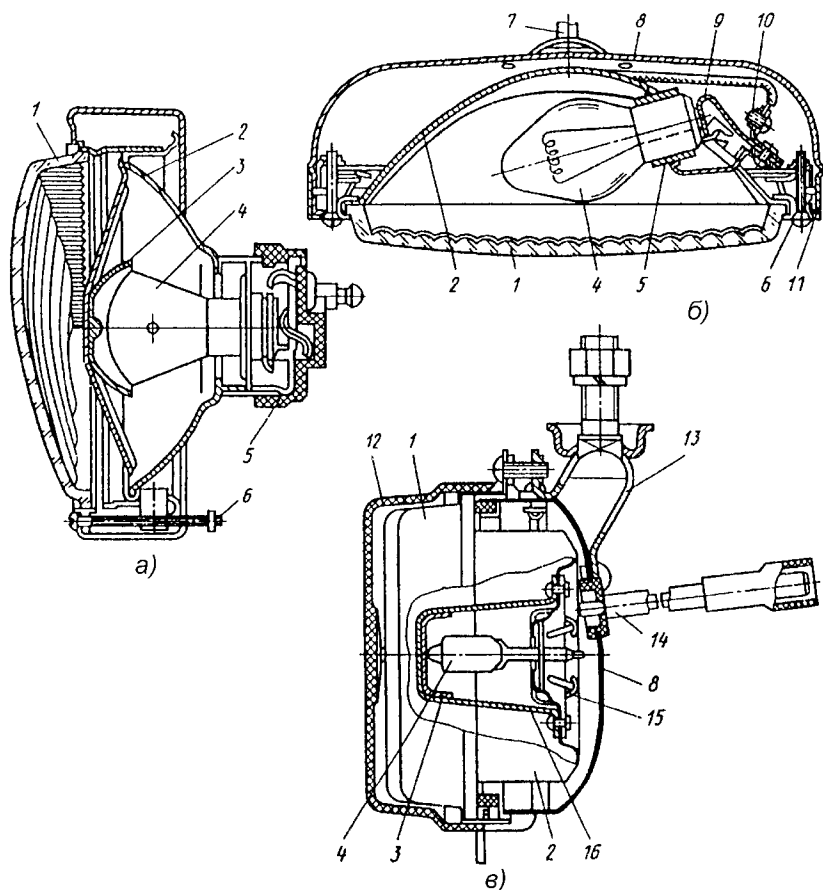


Рис. 8.35. Устройство противотуманных фар:

а – ФГ119; *б* – ФГ120Б; *в* – 11.3743; 1 – рассеиватель; 2 – отражатель; 3 – экран; 4 – лампа; 5 – патрон; 6 – регулировочный винт; 7 – шаровая опора; 8 – корпус; 9 – контактная пластина; 10 – зажим; 11 – ободок; 12 – защитная крышка; 13 – кронштейн крепления; 14 – провод; 15 – пружинный держатель лампы; 16 – держатель экрана

фары целесообразно использовать для освещения крутых поворотов на горных дорогах.

В светлое время суток при движении в тумане видимость дороги не улучшается даже при использовании противотуманных фар. Однако они могут выполнять функции габаритных огней, снижая вероятность столкновения встречных транспортных средств.

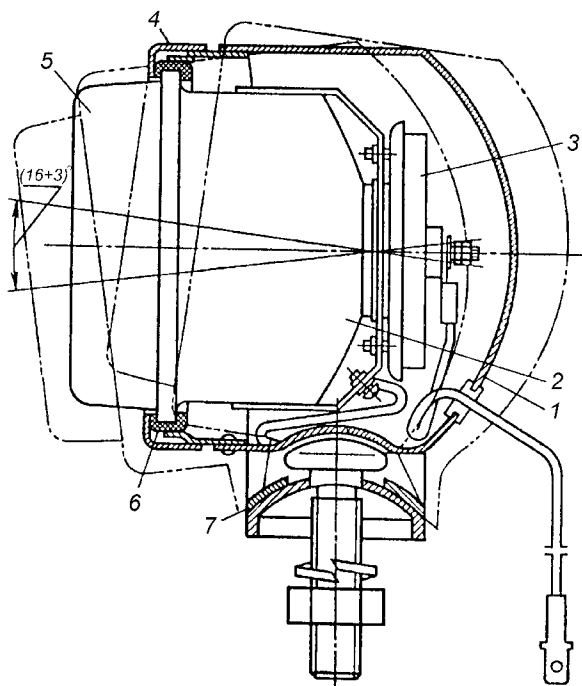


Рис. 8.36. Положения противотуманной фары при регулировании:

1 — корпус; 2 — отражатель; 3 — держатель лампы; 4 — ободок; 5 — рассеиватель; 6 — уплотнитель; 7 — шаровая опора

Возможные положения противотуманной фары при регулировании показаны на рис. 8.36.

На автомобилях ВАЗ моделей 2110, 2111 и 2112 противотуманные фары могут быть установлены в передних буферах. Противотуманные фары включаются выключателем 5 (рис. 8.37) с помощью вспомогательного реле 2 типа 113.3747 при включенном переключателе 4 наружного освещения.

На автомобилях КамАЗ установлены две противотуманные фары 2 и 3 (см. рис. 8.32) с галогенными лампами АГГ24-70. Электрический ток в фары проходит по цепи: "+" аккумуляторных батарей — вывод стартера — амперметр — вывод "АМ" выключателя приборов и стартера — выключатель противотуманных фар — предохранитель на 7,5 — лампы АГК24-70, корпус фары ("масса") — выключатель аккумуляторных батарей — "-" аккумуляторных батарей.

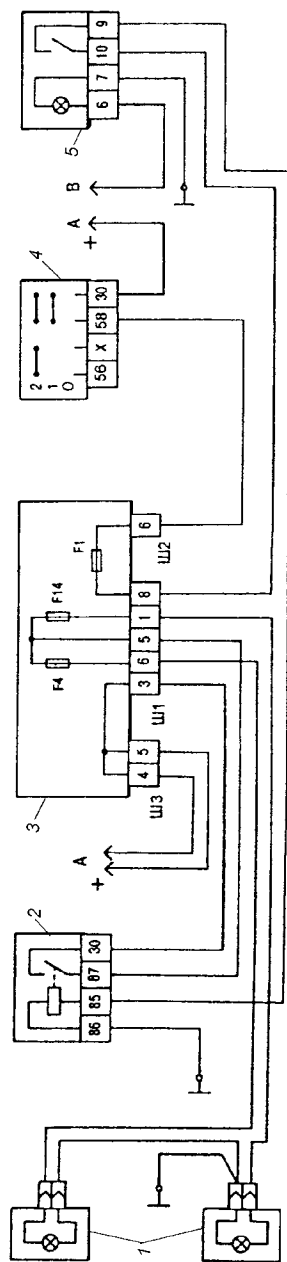


Рис. 8.37. Схема включения противотуманных фар:

1 — противотуманные фары; *2* — реле включения противотуманных фар; *3* — монтажный блок; *4* — переключатель на-
ружного освещения; *5* — выключатель противотуманных фар; *A* — к источникам питания; *B* — к выключателю освещения
приборов

8.4. СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ

8.4.1. Классификация светосигнальных приборов

На автомобиле установлено большое число светосигнальных приборов при ограниченном пространстве для их размещения. Автомобиль имеет габаритные огни, сигналы торможения, указатели поворота, стояночные огни и световозвращатели.

Форма, размеры и расположение светосигнальных приборов должны отвечать установленным нормам и соответствовать внешнему виду модели автомобиля.

Отдельным считается световой прибор с одним или несколькими параллельно включенными источниками света и одной светящейся поверхностью, собранный в отдельном корпусе.

Комбинированный световой прибор имеет один источник света (или несколько параллельно включенных и одновременно светящихся источников света), один корпус, но две или несколько светящих поверхностей.

Совмещенный световой прибор имеет разные источники света или один источник света, работающий в разных режимах, одну светящуюся поверхность и один корпус. Двухнитевая лампа в совмещенном световом приборе, объединяющем функции заднего габаритного огня и сигнала торможения, считается за два источника света.

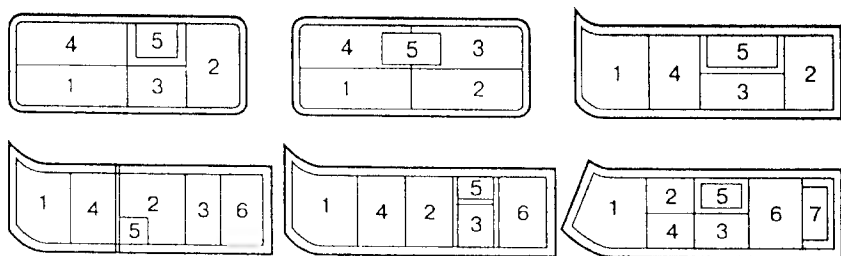


Рис. 8.38. Примеры расположения светосигнальных секций в задних левых группированных световых приборах:

1 — указатель поворота (оранжевый); 2 — сигнал торможения (красный); 3 — фонарь заднего хода (белый); 4 — габаритный огонь (красный); 5 — световозвращатель (красный); 6 — противотуманный фонарь (красный); 7 — фонарь освещения номерного знака (белый)

Сгруппированный световой прибор объединяет в одном корпусе несколько самостоятельных световых приборов с отдельными источниками света и отдельными светящимися отверстиями. Каждый из сгруппированных вместе световых приборов может иметь несколько источников света и несколько светящихся отверстий. В сгруппированном световом приборе сигнальные фонари могут располагаться горизонтально и вертикально (рис. 8.38).

На легковых автомобилях устанавливают встроенные фонари. Поэтому трудно обеспечить их унификацию. Выносные фонари широко используют на грузовых автомобилях. Их крепят к кронштейнам или другим деталям кузова.

8.4.2. Требования к светораспределению

Светосигнальные приборы должны быть хорошо опознаваемы, что достигается изменением силы света, цветности сигналов, а также проблесковым режимом их работы. В автомобильных светосигнальных приборах в основном используют красный, белый и оранжевый цвета.

Максимальная сила света светосигнальных приборов ограничена ввиду возможного ослепления водителей в темное время суток, а минимальная обусловлена способностью человека различать световой сигнал в солнечный день. В темное время суток светосигнальные приборы хорошо видны при силе света 2—12 кд. Для обеспечения видимости световых сигналов в солнечный день силу света необходимо увеличивать до 200—700 кд. Эти условия работы обеспечиваются двухрежимными указателями поворота и сигналами торможения. На режиме работы с уменьшенной силой света включаются дополнительные резисторы в цепи электроснабжения.

Светооптическая система сигнальных приборов рассеивает световой пучок в определенных углах геометрической видимости. Геометрическую видимость световых приборов характеризуют *углами в вертикальной и горизонтальной плоскостях*, ограничивающих зону телесного угла, в пределах которого световой сигнал должен быть виден без каких-либо помех (рис. 8.39). Автомобильные светосигнальные фонари имеют обычно *асимметричное светораспределение*. Горизонтальные углы их геометрической видимости значительно больше вертикальных. Требования к пространственному светораспределению зависят от функций, выполняемых светосигнальным прибором.

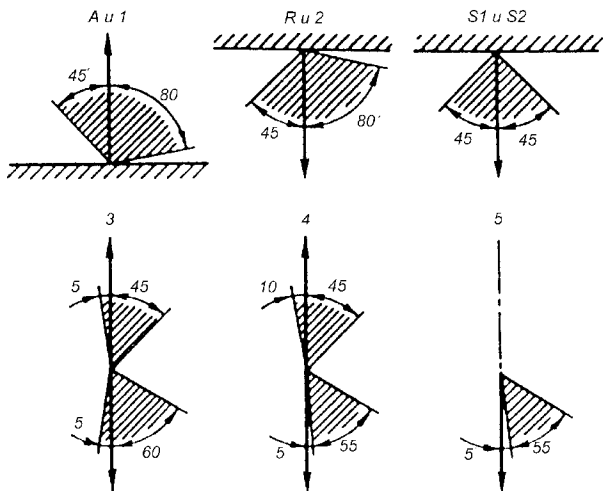


Рис. 8.39. Расположение и горизонтальные углы видимости сигнальных огней (показаны только правые огни; левые огни симметричны правым):

A и *R* — габаритный огонь соответственно передний и задний; *S1* и *S2* — сигнал торможения соответственно однорежимный и двухрежимный; *1* — передний указатель поворота; *2* — задний указатель поворота; *3* — боковой указатель поворота при отсутствии передних и задних; *4* — боковой указатель поворота при отсутствии передних; *5* — боковой повторитель указателей поворота

Для всех светосигнальных фонарей и световозвращателей углы геометрической видимости по вертикали составляют $+15^\circ$. Если высота установки светосигнального прибора меньше 1200 мм, угол геометрической видимости в сторону дорожного полотна можно уменьшить до -5° . В горизонтальной плоскости углы геометрической видимости $+80^\circ$ и -45° для передних и задних габаритных огней и указателей поворота, $+45^\circ$ для сигналов торможения и $+30^\circ$ для задних световозвращателей.

Светораспределение светосигнального фонаря зависит от типа его оптической системы — линзовой или смешанной. В линзовой оптической системе требуемые сила света и светораспределение обеспечиваются одним рассеивателем (без отражателя). К приборам с линзовой оптической системой относятся габаритные и стояночные огни, боковые повторители указателей поворота и др. Такие приборы состоят из корпуса *4*, лампы *3* накаливания и рассеивателя *1* с линзовыми или призматическими микроэлементами (рис. 8.40). Внутренняя поверхность корпуса может быть окрашена в белый цвет.

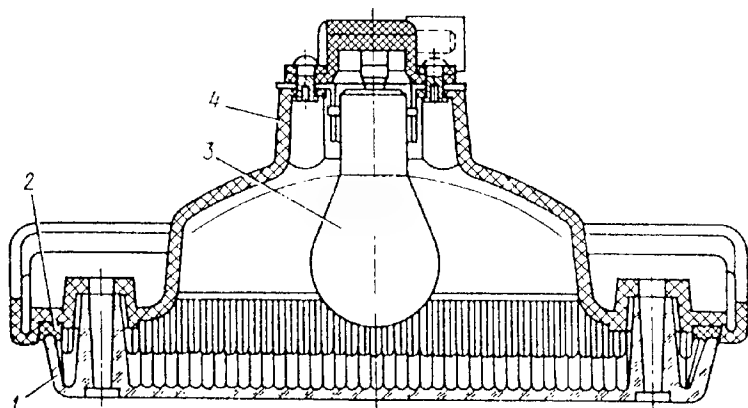


Рис. 8.40. Светосигнальный фонарь с линзовой оптической системой:
 1 — рассеиватель; 2 — герметизирующая прокладка; 3 — лампа; 4 — корпус

В смешанных оптических системах необходимое светораспределение создается отражателем 7 и рассеивателем 8 (рис. 8.41). Рассеиватель перераспределяет световой поток от отражателя и лампы 6. Не-

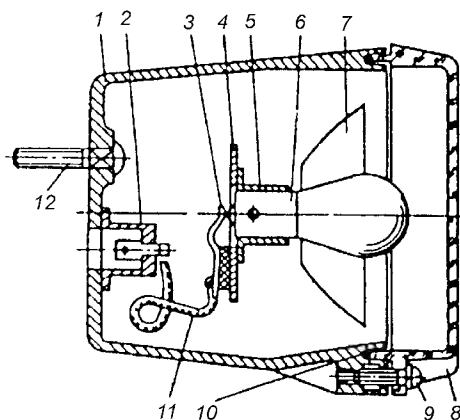


Рис. 8.41. Конструктивная схема сигнального фонаря со смешанной оптической системой:

1 — корпус; 2 — штекерный разъем; 3 — пружинный контакт; 4 — монтажная панель; 5 — патрон лампы; 6 — лампа; 7 — отражатель; 8 — рассеиватель; 9 — винт крепления; 10 — резиновая прокладка; 11 — соединительный провод; 12 — болт крепления фонаря

преобразованный световой поток от лампы улучшает светотехнические характеристики светосигнальных приборов. Благодаря большой силе света в заданных углах геометрической видимости, создаваемой смешанной оптической системой, ее применяют в сигналах торможения и указателях поворота. Световой поток лампы наилучшим образом используется при установке в корпус / параболического отражателя. Поверхность отражателя может быть получена при его изготовлении из стальной ленты, цинкового литья или пластмассы.

Патрон 5 обеспечивает правильную установку лампы относительно отражателя и рассеивателя. Ось лампы должна совпадать с оптической осью отражателя. Герметизация светосигнального прибора с лампой накаливания периодического действия довольно сложная.

8.4.3. Габаритные огни

Два передних и два задних габаритных огня сигнализируют о наличии и примерной ширине транспортного средства. Габаритные огни должны работать в постоянном режиме.

Передний габаритный огонь. Установка обязательна на всех автомобилях и прицепах шириной более 1600 мм. Факультативна на прицепах шириной не более 1600 мм.

Число — два.

Размещение:

по ширине — точка поверхности, видимой в направлении исходной оси, которая в наибольшей степени удалена от средней продольной плоскости транспортного средства, должна находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства.

В случае прицепа — точка поверхности, видимой в направлении исходной оси, которая в наибольшей степени удалена от средней продольной плоскости транспортного средства, должна находиться на расстоянии не более 150 мм от края габаритной ширины транспортного средства.

Расстояние между внутренними краями обеих поверхностей, видимых в направлении исходной оси, для транспортных средств категорий N_1 и M_1 факультативно; для транспортных средств других категорий — не менее 600 мм. Это расстояние может быть уменьшено до 400 мм, если габаритная ширина транспортного средства менее 1300 мм;

по высоте — на расстоянии не менее 350 мм и не более 1500 мм над уровнем грунта (2100 мм для транспортных средств категорий O_1 и O_2 либо других категорий, если соблюдение значения 1500 мм невозможно из-за формы кузова);

по длине специальных предписаний нет.

В случаях, когда передний габаритный огонь совмещен с каким-либо другим огнем, для проверки выполнения требований в отношении размещения необходимо использовать поверхность, видимую в направлении исходной оси другого огня.

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол β для обоих габаритных огней равен 45° внутрь и 80° наружу.

Для прицепов угол внутрь может быть уменьшен до 5° ;

вертикальный угол α равен 15° вверх и вниз от горизонтали. Угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота расположения огней над грунтом менее 750 мм.

Огонь считают видимым в случае, если он обеспечивает беспрепятственный обзор видимой поверхности площадью, по крайней мере, $12,5 \text{ см}^2$. Площадь освещающей поверхности светоотражающего устройства, которая не пропускает свет, не учитывают.

Направление — вперед.

Контрольный сигнал включения является обязательным. Сигнал должен быть немигающим; он не требуется, если устройство освещения приборного щитка может включаться только одновременно с передним габаритным огнем.

Задний габаритный огонь. Установка обязательна.

Число — два. За исключением случая, когда установлены контурные огни, на всех транспортных средствах категорий M_2 , M_3 , N_2 , N_3 , O_2 , O_3 и O_4 могут быть установлены два факультативных габаритных огня.

Размещение:

по ширине — точка поверхности, видимой в направлении исходной оси, которая в наибольшей степени удалена от средней продольной плоскости транспортного средства, должна находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства. Это условие не применяют к задним факультативным огням.

Расстояние между внутренними краями обеих видимых поверхностей в направлении исходной оси для транспортных средств категорий N_1 и M_1 факультативно, для транспортных средств других категорий —

не менее 600 мм. Это расстояние может быть уменьшено до 400 мм, если габаритная ширина транспортного средства менее 1300 мм;

по высоте:

— над уровнем грунта — не менее 350 мм и не более 1500 мм;

— не более 2100 мм, если соблюдение значения 1500 мм невозможно из-за формы кузова и если факультативные огни не установлены. Если факультативные огни установлены, то они должны находиться на высоте не менее 600 мм над обязательными огнями;

по длине — сзади транспортного средства.

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол β равен 45° внутрь и 80° наружу;

вертикальный угол $\alpha = 15^\circ$ вверх и вниз от горизонтали. Угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота расположения огней над грунтом составляет менее 750 мм. Вертикальный угол вверх от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота расположения факультативных огней над грунтом составляет не менее 2100 мм.

Контрольный сигнал включения является обязательным. Он должен быть скомбинирован с контрольным сигналом включения передних и задних габаритных огней.

На автомобиле КамАЗ два передних фонаря ПФ135Б габаритного огня установлены на переднем бампере. Фонарь имеет двухцветный оптический элемент 1 (рис. 8.42), два отражателя 2, два патрона 4 для ламп 6 и 3 типа А24-5 и А24-21-2 соответственно для габаритного

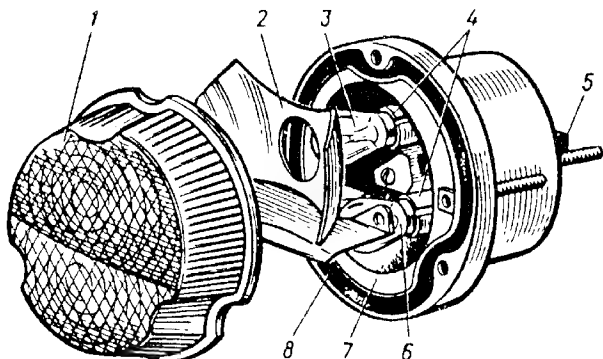


Рис. 8.42. Передний фонарь автомобилей КамАЗ:

1 оптический элемент; 2 отражатель; 3 лампа габаритного огня; 4 патрон; 5 штекерный разъем; 6 лампа указателя поворота; 7 корпус; 8 прокладка

огня и указателя поворота, корпус 7, прокладку 8 и штекерный разъем 5 с защитным чехлом. Габаритные огни можно включать комбинированным переключателем П145 как отдельно, так и совместно с фарами головного освещения.

8.4.4. Стояночные огни

Стояночные огни в отличие от габаритных расходуют меньше электроэнергии.

Установка факультативна на автомобилях длиной не более 6 м и шириной не более 2 м.

Запрещена на других транспортных средствах.

Устанавливают либо два огня спереди и два огня сзади, либо по одному огню с каждой стороны.

Размещение:

по ширине — наиболее удаленная от среднего продольного сечения транспортного средства точка поверхности, видимой в направлении исходной оси, не должна находиться на расстоянии более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства;

по высоте:

- для транспортных средств категорий N_1 и M_1 факультативна;
- для транспортных средств других категорий — на расстоянии не менее 350 мм и не более 1500 мм над уровнем грунта (не более 2100 мм, если соблюдение значения 1500 мм невозможно из-за формы кузова).

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол $\beta = 45^\circ$ наружу, вперед и назад;

вертикальный угол $\alpha = 15^\circ$ вверх и вниз от горизонтали. Однако угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота огня над грунтом не превышает 750 мм.

Направление должно быть таким, чтобы огни удовлетворяли условиям видимости спереди и сзади.

Функциональная электрическая схема должна быть такой, чтобы стояночный(е) огонь (огни), расположенный(е) с одной и той же стороны транспортного средства, зажигался(ись) независимо от любого другого огня.

Необходимо, чтобы стояночный(е) огонь (огни) мог (могли) функционировать даже в случае, если устройство включения и/или выключения двигателя находится в положении, исключающем возможность работы двигателя.

Контрольный сигнал включения является факультативным. Необходимо, чтобы при наличии такого сигнала его нельзя было спутать с контрольным сигналом передних и задних габаритных огней.

Работа этого огня может также обеспечиваться за счет одновременного включения передних и задних (боковых) габаритных огней на одной стороне транспортного средства.

8.4.5. Указатели поворота

Каждый автомобиль должен иметь два передних и два задних указателя поворота, устанавливаемых на одной высоте и на равном расстоянии от продольной плоскости симметрии автомобиля (см. выше).

Повышенная заметность светового сигнала о повороте достигается увеличением силы света и работой в проблесковом режиме указателя.

Частота следования проблесков должна находиться в пределах 90 ± 30 проблесков в 1 мин или $1,5 \pm 0,5$ Гц.

Аварийная сигнализация — включение всех установленных на автомобиле указателей поворота. Аварийная сигнализация должна обеспечивать синхронное включение всех указателей поворота в проблесковом режиме с частотой 90 ± 30 проблесков в 1 мин или $1,5 \pm 0,5$ Гц.

8.4.6. Сигнал торможения

Два задних сигнала торможения автомобиля сигнализируют о замедлении движения или остановке автомобиля. Сигналы торможения (основные и дополнительные) должны включаться при воздействии на органы управления тормозных систем и работать в постоянном режиме.

Сигналы торможения должны зажигаться при приведении в действие рабочей тормозной системы. Сигналы торможения могут не зажигаться, если устройство включения и/или остановки двигателя находится в положении, исключающем работу двигателя.

Сигналы торможения могут включаться при использовании тормоза-замедлителя или аналогичного устройства.

Установка устройств категории S_1 или S_2 обязательна на транспортных средствах всех категорий.

Установка устройств категории S_3 обязательна на транспортных средствах категории M_1 ; факультативна на автотранспортных средствах других категорий.

Число устройств — два категорий S_1 , S_2 и одно категории S_3 на транспортных средствах всех категорий.

За исключением случая, когда установлено устройство категории S_3 , два устройства категории S_1 или S_2 могут быть факультативно установлены на транспортных средствах категорий $M_2, M_3, N_2, N_3, O_2, O_3$ и O_4 .

В случае, когда продольная средняя плоскость транспортного средства не проходит через стационарную панель кузова, а разделяет одну или две подвижные части транспортного средства (например, двери), и нет достаточного пространства для установки одного устройства категории S_3 на средней продольной плоскости, над такими подвижными частями могут устанавливаться два устройства типа D категории S_3 или одно устройство категории S_3 слева или справа от средней продольной плоскости.

Размещение

По ширине:

Для транспортных средств категорий N_1 и M_1 :

— для устройств категории S_1 или S_2 точка поверхности, видимой в направлении исходной оси, которая в наибольшей степени удалена от средней продольной плоскости транспортного средства, должна находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства;

— в отношении расстояний между внутренними краями поверхностей, видимых в направлении исходных осей, специальных предписаний нет.

Для транспортных средств других категорий в случае устройств категории S_1 или S_2 расстояние между внутренними краями поверхностей, видимых в направлении исходных осей, должно составлять не менее 600 мм. Это расстояние может быть уменьшено до 400 мм, если габаритная ширина транспортного средства составляет менее 1300 мм.

Для устройства категории S_3 исходным центром считают точку, расположенную на средней продольной плоскости транспортного средства. Однако в случае установки двух устройств категории S_3 они должны находиться как можно ближе к средней продольной плоскости, по одному устройству с каждой стороны плоскости.

В случае, если разрешена установка огня категории S_3 , смещенного по отношению к средней продольной плоскости, это смещение, рассчитанное от средней продольной плоскости до исходного центра огня, не должно превышать 150 мм.

По высоте:

Для устройств категорий S_1 и S_2 — на расстоянии от 350 мм до 1500 мм над уровнем грунта (не более 2100 мм, если соблюдение расстояния 1500 мм невозможно из-за формы кузова, если факультативные огни не установлены).

Если факультативные огни установлены, то они должны быть на высоте, соответствующей требованиям по ширине и симметрии огней, и на как можно большем расстоянии по вертикали, которое допускается контуром кузова, но не менее чем 600 мм над обязательными огнями.

Для устройств категории S_3 горизонтальная плоскость, касательная к нижнему краю видимой поверхности, должна находиться на расстоянии:

- не более 150 мм ниже горизонтальной плоскости, касательной к нижнему краю внешней поверхности или покрытия заднего стекла, или
- не менее 850 мм выше уровня грунта.

Однако горизонтальная плоскость, касательная к нижнему краю видимой поверхности устройств категории S_3 , должна проходить выше горизонтальной плоскости, касательной к верхнему краю видимой поверхности устройств категории S_1 или S_2 .

По длине:

Для устройств категории S_1 и S_2 — на задней части транспортного средства.

Для устройств категории S_3 специальных предписаний нет.

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол β влево и вправо от продольной оси транспортного средства составляет:

45° — для устройств категории S_1 или S_2 ;

10° — для устройств категории S_3 ;

вертикальный угол α для устройств категории S_1 или S_2 составляет 15° вверх и вниз от горизонтали. Однако угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5°, если высота расположения огня над уровнем грунта составляет менее 750 мм. Угол вверх от горизонтали может быть уменьшен до 5°, если высота расположения функциональных огней над уровнем грунта не менее 2100 мм.

Для устройств категории S_3 угол α равен 10° вверх и 5° вниз от горизонтали.

Направление — назад.

Контрольный сигнал является факультативным. Если его устанавливают, то он должен представлять собой контрольный сигнал включения в виде немигающего светового сигнала предупреждения, зажигающегося в случае неисправности сигналов торможения.

Совмещение устройства категории S_3 с другими огнями не допускается.

Устройство категории S_3 может устанавливаться снаружи или внутри транспортного средства.

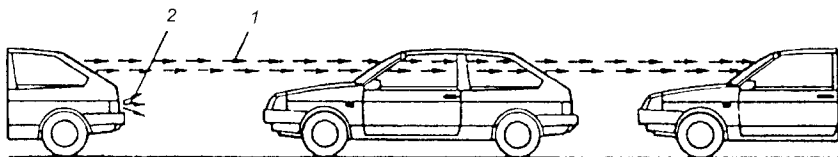


Рис. 8.43. Схема действия сигналов торможения:

1 — дополнительный сигнал; 2 — основной сигнал

В случае его установки внутри транспортного средства излучаемый свет не должен создавать неудобств для водителя за счет отражения зеркалами заднего вида и/или другими поверхностями транспортного средства (например задним стеклом).

Дополнительные сигналы торможения у задних стекол салона легкового автомобиля видны водителю, едущему сзади, при загрязнении основных сигналов торможения, а также водителям нескольких следующих в колонне автомобилей (рис. 8.43), что обеспечивает их своевременную реакцию на изменение дорожной ситуации.

8.4.7. Фонари освещения номерного знака

Фонарь освещения заднего номерного знака. Установка фонаря обязательна. Число устройств должно быть достаточным для освещения места расположения номерного знака.

Схема монтажа должна обеспечивать освещение места установки номерного знака.

Размещение по ширине, высоте, длине должно обеспечивать освещение места установки номерного знака.

Геометрическая видимость: должно быть обеспечено освещение места установки номерного знака.

Направление должно обеспечивать освещение места установки номерного знака.

Контрольный сигнал является факультативным. Если он установлен, то его функции должны осуществляться контрольным сигналом, предусмотренным для передних и задних габаритных огней.

В случае, если фонарь заднего номерного знака комбинируется с задним габаритным огнем, совмещенным с сигналом торможения или задней противотуманной фарой, фотометрические характеристики заднего номерного знака могут изменяться во время включения сигнала торможения или задней противотуманной фары.

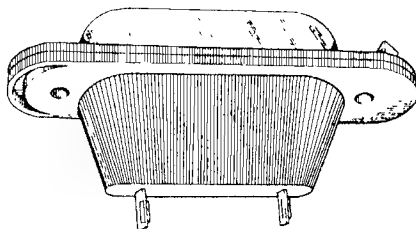


Рис. 8.44. Фонарь 15.3717 освещения номерного знака

Фонарь освещения заднего государственного регистрационного знака должен включаться одновременно с габаритными огнями и работать в постоянном режиме.

Европейские нормы устанавливают допуски на неравномерность освещения номерного знака: минимальная освещенность таблицы номерного знака 10 лк, а максимальная 490 лк. Удовлетворительную освещенность даже широкого номерного знака обеспечивают два одинаковых фонаря, расположенных вдоль ее длинной стороны. Яркость в контрольных точках таблицы номерного знака должна быть не менее $2,5 \text{ кд/м}^2$. Различие яркости на расстоянии между любыми точками таблицы (1 см) не должно превышать удвоенной минимально допустимой яркости.

Внешний вид фонаря 15.3717 освещения номерного знака показан на рис. 8.44.

8.4.8. Фонарь заднего хода

Установка обязательна на автомобилях, факультативен на прицепах.

Число — один или два на всех транспортных средствах.

Размещение:

по ширине — специальных предписаний нет;

по высоте — для транспортных средств категорий M_1 и N_1 специальных предписаний нет. Для транспортных средств других категорий — не менее 250 мм и не более 1200 мм над поверхностью грунта;

по длине — сзади транспортного средства.

Геометрическая видимость определяется вертикальными α и горизонтальными β углами:

$\alpha = 15^\circ$ вверх и $\alpha = 5^\circ$ вниз;

$\beta = 45^\circ$ вправо и влево, если установлен только один огонь, $\beta = 45^\circ$ наружу и $\beta = 30^\circ$ внутрь, если установлены два огня.

Включение заднего фонаря допускается только в случае, если включен орган управления для движения назад, и если устройство, управляющее пуском или остановкой двигателя, находится в положении, при котором возможна работа двигателя. Двигатель не должен включаться или оставаться включенным в случаях, когда не выполняется какое-либо из указанных условий.

Контрольный сигнал факультативный.

По конструкции и требованиям фонари заднего хода относятся к светосигнальным.

Фара заднего хода должна включаться при включении передачи заднего хода и работать в постоянном режиме.

8.4.9. Опознавательные знаки

В автопоездах используются опознавательные знаки. При наличии прицепа три рядом расположенных огня оранжевого цвета устанавливают на крыше кабины тягача. Расстояние между огнями 150–300 мм. Углы геометрической видимости равны по вертикали $\pm 5^\circ$ и по горизонтали $\pm 80^\circ$.

Конструкция опознавательного фонаря знака УП101 автопоезда показана на рис. 8.45. Патрон 2 лампы 3 (A24-5) вмонтирован в пластмассовое основание 1. Рассеиватель 5 оптического элемента оранжевого цвета.

Опознавательные фонари автопоезда КамАЗ включаются клавишным выключателем 21 (см. рис. 8.29). При включении опознавательного фонаря ток проходит по цепи: "+" аккумуляторных батарей — вывод электростартера — амперметр — вывод "АМ" выключателя приборов и стартера — предохранитель на 7,5 А — выключатель опознавательных фонарей автопоезда — лампы фонарей — корпус автомобиля ("масса") — выключатель аккумуляторных батарей — "-" аккумуляторных батарей.

Прицепы оборудуют сзади габаритными огнями, указателями поворота и сигналами торможения, которые дублируют соответствующие светосигнальные приборы автомобиля—тягача и загораются одновременно с ними.

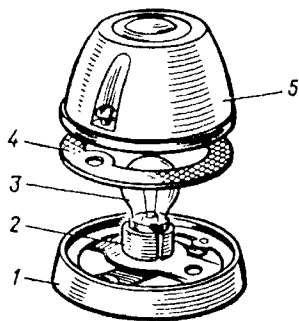


Рис. 8.45. Опознавательный фонарь автопоезда:

1 — пластмассовое основание; 2 — патрон лампы; 3 — лампа; 4 — прокладка; 5 — оптический элемент

8.4.10. Фонарь преимущественного проезда

Этот фонарь с мигающим огнем расположен на крышке автомобиля, пользующегося правом преимущественного проезда (например, пожарного, милийского, скорой медицинской помощи). Видимость огня в горизонтальной плоскости круговая.

8.4.11. Светоотражатели

Это пассивные светосигнальные приборы с возвратно-отражающими оптическими элементами. Они предназначены для указания наличия и обозначения габаритов автомобиля в темное время суток путем отражения света, излучаемого источником, находящимся на другом транспортном средстве.

Кубические светоотражатели состоят из трехгранных ячеек с углом между гранями 90° (рис. 8.46). Грани ячеек расположены на внутренней стороне светоотражателя. Трехгранная ячейка представляет собой часть куба, отсеченную плоскостью, перпендикулярной к диагонали ячейки и обычно являющейся плоскостью внешней поверхности светоотражателя. Диагонали всех ячеек световозвращателя параллельны между собой и продольной оси автомобиля. Поток света входит в светоотражатель со стороны наружной гладкой поверхности и после трехкратного отражения от граней ячейки выходит в обратном направлении. Прямоугольная трехгранная призма обеспечивает отражающий эффект с достаточной силой света при небольшой площади поверхности и глубине оптического элемента световозвращателя. Направления падающих и отраженных лучей практически совпадают при изменении угла падения по отношению в диагонали в пределах $\pm 20^\circ$.

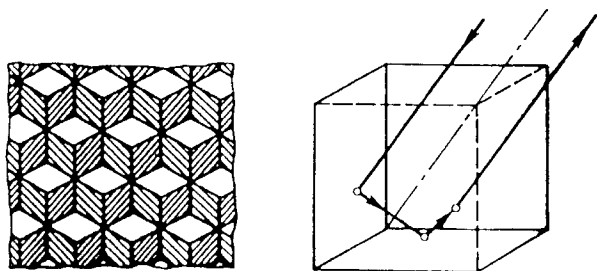


Рис. 8.46. Трехгранные ячейки кубических светоотражателей

Заднее светоотражающее устройство нетреугольной формы. Установка обязательна на автомобилях, факультативна на прицепах при условии, что эти светоотражающие устройства сгруппированы с другими задними устройствами световой сигнализации.

Число — два устройства, рабочие характеристики которых должны соответствовать требованиям для светоотражающих устройств класса IA или IB по ГОСТ Р 41.3. Дополнительные светоотражающие устройства и материалы разрешаются при условии, что они не снижают эффективности обязательных устройств освещения и световой сигнализации.

Размещение:

по ширине — наиболее удаленная от среднего продольного сечения транспортного средства точка освещающей поверхности должна находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства.

Расстояние между внутренними краями двух поверхностей, видимых в направлении исходных осей, для транспортных средств категорий N₁ и M₁ — факультативно, для транспортных средств других категорий — не менее 600 мм. Это расстояние может быть уменьшено до 400 мм, если габаритная ширина транспортного средства менее 1300 мм;

по высоте — на расстоянии от 250 до 900 мм над уровнем грунта (не более 1500 мм, если соблюдение значения 900 мм невозможно из-за формы кузова);

по длине — на задней части транспортного средства.

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол $\beta = 30^\circ$ наружу и внутрь;

вертикальный угол $\alpha = 10^\circ$ вверх и вниз от горизонтали. Однако угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота расположения светоотражающего устройства над поверхностью грунта не превышает 750 мм.

Направление — назад.

Освещающая поверхность светоотражающего устройства может иметь общие части с видимой поверхностью любого другого заднего огня.

Заднее светоотражающее устройство треугольной формы. Установка обязательна на прицепах, запрещена на автомобилях.

Число — два устройства, рабочие характеристики которых должны соответствовать требованиям для светоотражающих устройств класса IIIA по ГОСТ Р 41.3. Дополнительные светоотражающие устройства и материалы разрешаются при условии, что они не снижают эффективности обязательных устройств освещения и световой сигнализации.

Схема монтажа — вершина треугольника должна быть направлена вверх.

Размещение:

по ширине — наиболее удаленная от среднего продольного сечения транспортного средства точка освещающей поверхности должна находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства.

Расстояние между внутренними краями светоотражающих устройств — не менее 600 мм. Это расстояние может быть уменьшено до 400 мм, если габаритная ширина транспортного средства менее 1300 мм;

по высоте — на расстоянии от 250 до 900 мм над уровнем грунта (не более 1500 мм, если соблюдение значения 900 мм невозможно из-за формы кузова);

по длине — на задней части транспортного средства.

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол $\beta = 30^\circ$ наружу и внутрь;

вертикальный угол $\alpha = 15^\circ$ вверх и вниз от горизонтали. Однако угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота расположения светоотражающего устройства над поверхностью грунта не превышает 750 мм.

Направление — назад.

Внутри треугольника не должно быть никаких огней.

Переднее светоотражающее устройство нетреугольной формы. Установка обязательна на прицепах и на транспортных средствах, на которых все обращенные вперед фары с отражателями являются убирающимися. Факультативна на других транспортных средствах.

Число — два устройства, рабочие характеристики которых должны соответствовать требованиям для светоотражающих устройств класса IA или IB по ГОСТ Р 41.3. Дополнительные светоотражающие устройства и материалы разрешаются при условии, что они не снижают эффективности обязательных устройств освещения и световой сигнализации.

Размещение:

по ширине — наиболее удаленная от среднего продольного сечения транспортного средства точка освещающей поверхности должна находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства.

Для прицепа точка освещающей поверхности, наиболее удаленная от среднего продольного сечения транспортного средства, должна находиться на расстоянии не более 150 мм от края габаритной ширины транспортного средства.

Расстояние между внутренними краями светоотражающих устройств — не менее 600 мм. Это расстояние может быть уменьшено до 400 мм, если габаритная ширина транспортного средства менее 300 мм; по высоте — на расстоянии от 250 до 900 мм над уровнем грунта (не более 1500 мм, если соблюдение значения 900 мм невозможно из-за формы кузова);

по длине — на передней части транспортного средства.

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол $\beta = 30^\circ$ наружу и внутрь. Для прицепов угол внутрь может быть уменьшен до 10° . Если из-за конструкции прицепа этот угол не может быть обеспечен с помощью обязательных светоотражающих устройств, то устанавливают дублирующие (дополнительные) светоотражающие устройства без ограничения по ширине, которые вместе с обязательными светоотражающими устройствами обеспечивают необходимый угол видимости;

вертикальный угол $\alpha = 10^\circ$ вверх и вниз от горизонтали. Однако угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота расположения светоотражающего устройства над поверхностью грунта не превышает 750 мм.

Направление — вперед.

Не более чем одна головная фара дальнего света на каждой стороне транспортного средства может быть поворотной для подсветки поворотов.

Освещающая поверхность светоотражающего устройства может иметь общие части с видимой поверхностью любого другого переднего огня.

Боковое светоотражающее устройство нетреугольной формы. Установка обязательна на автомобилях длиной более 6 м и всех прицепах, факультативна на автомобилях длиной не более 6 м.

Число светоотражающих устройств должно быть таким, чтобы выполнялись требования в отношении размещения по длине. Характеристики этих светоотражающих устройств должны соответствовать требованиям для светоотражающих устройств класса IA или IB по ГОСТ Р 41.3. Дополнительные светоотражающие устройства и материалы разрешаются при условии, что они не снижают эффективности обязательных устройств освещения и световой сигнализации.

Размещение:

по ширине — специальных предписаний нет;

по высоте — на расстоянии от 250 до 900 мм над уровнем грунта (не более 1500 мм, если соблюдение значения 900 мм невозможно из-за формы кузова);

по длине — по крайней мере одно светоотражающее устройство должно быть установлено на средней трети транспортного средства, причем крайнее спереди боковое светоотражающее устройство должно находиться на расстоянии не более 3 м от передней конечности транспортного средства; в случае прицепов — с учетом длины сцепного устройства.

Расстояние между двумя смежными боковыми светоотражающими устройствами не должно превышать 3 м. Это требование не применяют к транспортным средствам категорий N_1 и M_1 .

Если это требование невозможно выполнить из-за конструкции транспортного средства, то расстояние может быть увеличено до 4 м.

Расстояние между крайним задним боковым светоотражающим устройством и задней оконечностью транспортного средства не должно превышать 1 м.

На автомобилях длиной не более 6 м достаточно иметь одно боковое светоотражающее устройство, установленное в первой трети, и/или одно — в последней трети по длине транспортного средства.

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол $\beta = 45^\circ$ вперед и назад;

вертикальный угол $\alpha = 10^\circ$ вверх и вниз от горизонтали. Угол вниз от горизонтали может быть уменьшен до 5° , если высота расположения светоотражающего устройства над поверхностью грунта не превышает 750 мм.

8.4.12. Контурный огонь

Установка обязательна на транспортных средствах габаритной шириной более 2,10 м. Факультативна на транспортных средствах габаритной шириной от 1,80 до 2,10 м. На грузовых автомобилях без кузова задние контурные огни являются факультативными.

Число — по два видимых спереди и сзади.

Размещение:

по ширине — спереди и сзади как можно ближе к краю габаритной ширины транспортного средства. Это условие считают выполненным в случае, когда точка поверхности, видимой в направлении исходной оси, которая в наибольшей степени удалена от средней продольной плоскости транспортного средства, находится на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства;

по высоте:

— спереди — для автомобилей, при этом горизонтальная плоскость, касательная к верхнему краю поверхности, видимой в направлении ис-

ходной оси устройства, не должна находиться ниже горизонтальной плоскости, касательной к верхнему краю прозрачной зоны ветрового стекла;

— для прицепов и полуприцепов — на максимальной высоте, соответствующей требованиям, предъявляемым к габаритной ширине, конструкционным и эксплуатационным характеристикам транспортного средства и к симметричности огней;

— сзади — на максимальной высоте, соответствующей требованиям, предъявляемым к габаритной ширине, конструкционным и эксплуатационным характеристикам транспортного средства и к симметричности огней;

по длине — специальных предписаний нет.

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол $\beta = 80^\circ$ наружу;

вертикальный угол α равен 5° вверх и 20° вниз от горизонтали.

Направление должно быть таким, чтобы огни удовлетворяли условиям видимости спереди и сзади.

Контрольный сигнал включения является факультативным. Если он установлен, то его функции должны выполняться контрольным сигналом, предусмотренным для передних и задних габаритных огней.

При условии соблюдения всех других требований видимые спереди и сзади огни с одной и той же стороны транспортного средства могут быть совмещены в одном устройстве.

Положение контурного огня по отношению к соответствующему габаритному огню должно быть таким, чтобы расстояние между проекциями на поперечную вертикальную плоскость наиболее близких друг к другу точек поверхностей, видимых в направлении соответствующих исходных осей двух рассматриваемых огней, составляло не менее 200 мм.

8.4.13. Дневной ходовой огонь

Установка факультативна на автомобилях. Запрещена на прицепах. Число — два.

Размещение:

по ширине — точка поверхности, видимой в направлении исходной оси, наиболее удаленная от средней продольной плоскости транспортного средства, должна находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства.

Расстояние между внутренними краями двух видимых поверхностей должно быть не менее 600 мм. Это расстояние может быть умень-

шено до 400 мм, если габаритная ширина транспортного средства составляет менее 1300 мм;

по высоте — на расстоянии от 250 до 1500 мм над уровнем грунта;

по длине — на передней части транспортного средства. Это требование считают выполненным, если излучаемый свет не мешает водителю непосредственно или косвенно в результате отражения зеркалами заднего вида и/или другими отражающими поверхностями транспортного средства.

Геометрическая видимость:

горизонтальный угол $\beta = 20^\circ$ наружу и внутрь;

вертикальный угол $\alpha = 10^\circ$ вверх и вниз от горизонтали.

Направление — вперед.

В случае их установки дневные ходовые огни должны включаться автоматически, когда приведен в положение "включено" орган управления запуском/остановом двигателя. Должна быть обеспечена возможность приведения в действие и отключения функционирования автоматического включения дневных ходовых огней без помощи инструмента.

Дневные ходовые огни должны выключаться автоматически, когда включаются головные фары, за исключением тех случаев, когда головные фары включаются на короткий промежуток времени для сигнализации участникам движения.

Контрольный сигнал факультативен в виде замкнутого контура.

8.4.14. Огонь подсветки поворота

Установка факультативна на механических транспортных средствах.

Число — два.

Размещение:

по ширине — точка поверхности огня, видимой в направлении исходной оси, наиболее удаленная от средней продольной плоскости, должна находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства;

по высоте — от 250 до 900 мм над уровнем грунта.

При этом ни одна точка поверхности огня, видимой в направлении исходной оси, не должна быть выше, чем наиболее высокая точка поверхности головной фары ближнего света, видимой в направлении исходной оси;

по длине — на расстоянии не более 1000 мм от передней части транспортного средства.

Геометрическая видимость:

вертикальный угол $\alpha = 10^\circ$ вверх и вниз;

горизонтальный угол $\beta = 30\text{--}60^\circ$ наружу.

Направление — таким образом, чтобы огни удовлетворяли условиям геометрической видимости.

Огни подсветки поворота должны быть подключены таким образом, чтобы их нельзя было включить при выключенных головных фарах дальнего или ближнего света.

Огни подсветки поворота на одной стороне транспортного средства могут включаться автоматически только в том случае, когда включают указатель поворота на этой же стороне транспортного средства и/или когда угол поворота рулевого колеса отклоняется от положения прямолинейного движения в ту же сторону.

Огни подсветки поворота могут выключаться автоматически только в том случае, когда выключают указатель поворота и/или когда рулевое колесо возвращается в положение прямолинейного движения.

Контрольный сигнал не требуется.

Огни подсветки поворота не могут быть приведены в действие при скорости транспортного средства более 40 км/ч.

8.4.15. Аварийный сигнал

Установка обязательна.

Сигнал функционирует в результате одновременной работы указателей поворота.

Включение сигнала должно производиться отдельным органом управления, обеспечивающим синхронное мигание всех указателей поворота.

На транспортных средствах категорий N_1 и M_1 длиной менее 6 м боковые габаритные огни автожелтого цвета, если таковые устанавливаются, должны работать в мигающем режиме с такой же частотой (по фазе), с какой включаются огни указателей поворота.

Контрольный сигнал включения является обязательным. Он представляет собой мигающий сигнал предупреждения, который может функционировать вместе с контрольным(и) сигналом(ами). Если транспортному средству как тягачу разрешается буксировать прицеп, то при включении аварийного сигнала должны одновременно включаться указатели поворота прицепа. Аварийный сигнал должен продолжать функционировать даже в том случае, когда устройство управления пуском или остановкой двигателя находится в положении, исключающем работу двигателя.

8.4.16. Блоки фонарей

На автомобилях используют задние группированные световые приборы.

В заднем группированном световом приборе лампы светосигнальных секций установлены на печатной плате.

На грузовых автомобилях применяют передний и задний группированные фонари ПФ130 и ФП130. Двухсекционный круглый передний фонарь ПФ130 автомобиля КамАЗ (см. рис. 8.42) объединяет в одном корпусе 7 указатель поворота с лампой 6 мощностью 21 Вт и габаритный огонь с лампой 3 мощностью 5 Вт. Секции сигнальных огней разделены непрозрачной перегородкой. Указатель поворота, размещенный в верхней секции фонаря, имеет смешанную светооптическую систему с параболическим отражателем и оранжевым рассеивателем. Нижняя секция фонаря с бесцветным рассеивателем габаритного огня имеет линзовую светооптическую систему.

В трехсекционном заднем фонаре ФП130 (рис. 8.47) прямоугольной формы функции указателя поворота выполняет крайняя, наружная по отношению к кузову секция со смешанной светооптической системой. Средняя секция габаритного огня имеет линзовую систему, а третья секция сигнала торможения смешанную. Световозвращатель красного цвета находится в специальном углублении в рассеивателях

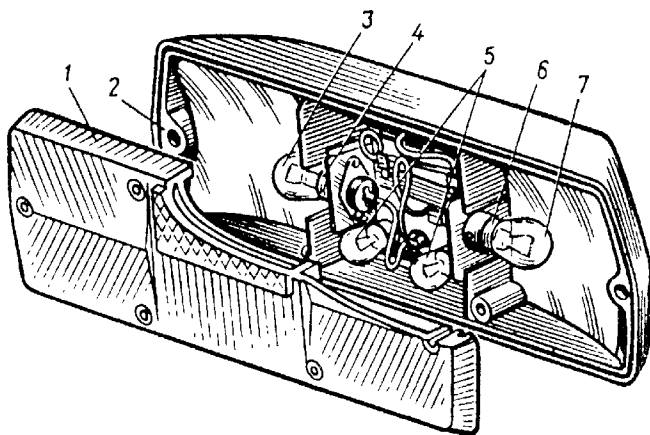


Рис. 8.47. Унифицированный задний фонарь для грузового автомобиля:

1 оптический элемент; 2 корпус; 3 лампа указателя поворота; 4 патрон лампы; 5 лампа габаритного огня; 6 лампа сигнала торможения; 7 патрон лампы сигнала торможения

задних фонарей между сигналом торможения и габаритным огнем. Левый задний фонарь имеет вставку из бесцветной пластмассы, через которую освещается номерной знак.

8.5. ПРИБОРЫ ВНУТРЕННЕГО ОСВЕЩЕНИЯ

Внутреннее освещение имеют кабина водителя грузового автомобиля, салон легкового автомобиля или автобуса, подкапотное пространство, багажное отделение, вещевой ящик. Все внутренние помещения освещаются лампами небольшой мощности.

Кабина водителя грузового автомобиля и салон легкового автомобиля освещаются одним—тремя светильниками—плафонами (рис. 8.48, 8.49). Неслепящий рассеянный свет обеспечивается благодаря применению рассеивателя из специального материала (матированного или диффузно пропускающего свет).

Матированную поверхность с внутренней стороны рассеивателя получают после соответствующей механической или химической обработки. Коэффициенты пропускания и отражения матированных поверхностей составляют соответственно 0,74—0,83 и 0,14—0,09. Диффузно пропускающие свет стекла (молочные) распределяют проходя-

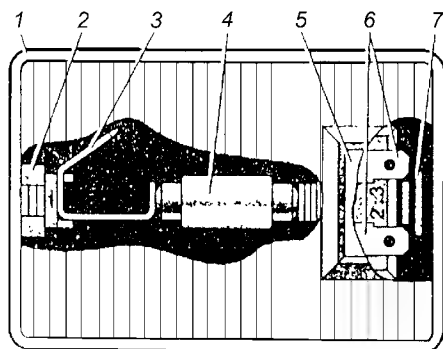


Рис. 8.48. Плафон освещения салона легкового автомобиля:

1 корпус; 2 пружинный фиксатор; 3 штекерный наконечник; 4 лампа; 5 переключатель ручного включения; 6 штекерные наконечники проводов, соединенные с массой; 7 фиксирующий упор

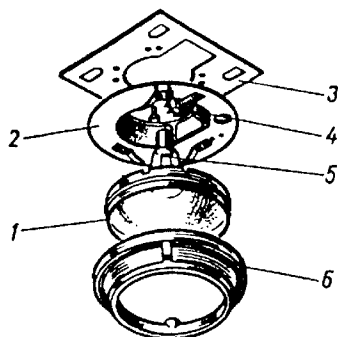


Рис. 8.49. Плафон освещения кузова автомобиля КамАЗ:

1 — рассеиватель; 2 — корпус; 3 — пластина крепления плафона; 4 — патрон; 5 — лампа; 6 — защитный ободок плафона

щий через низ световой пучок в телесном угле 2π стерадиан. Молочные стекла для плафонов имеют коэффициенты пропускания и отражения соответственно 0,38–0,53 и 0,40–0,32.

У салона автобуса на высоте 1 м от пола освещенность должна быть 60–80 лк. При использовании ламп накаливания с низкой световой отдачей (8–10 лм/Вт) в салоне устанавливается большое число плафонов, что не всегда приемлемо ввиду ограниченной мощности генератора. Лампы накаливания, установленные в плафонах, используют для освещения при длительных стоянках автобуса. Для освещения салонов автобусов применяют люминесцентные лампы.

Люминесцентные лампы подключены к сети постоянного тока напряжением 12 или 24 В через преобразователи, на выходе которых переменный ток имеет напряжение 127 или 220 В и частоту 24 кГц. При повышенной частоте обеспечивается лучшее повторное зажигание, снижается уровень шума и исчезает стробоскопический эффект. Каждый преобразователь рассчитан на один светильник. Этим исключается необходимость установки прокладки между светильниками высоковольтных проводов и повышается электробезопасность.

Люминесцентные лампы имеют больший, чем лампы накаливания, срок службы.

Конструкция подкапотного фонаря (рис. 8.50), фонаря освещения багажного отделения и вещевого ящика (рис. 8.51) зависит от их назначения. Подкапотный фонарь имеет поворотный отражатель или колпак, перекрывающий световые лучи от лампы, направленные в

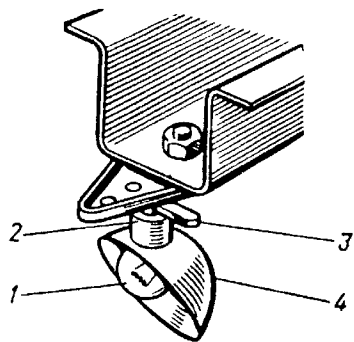


Рис. 8.50. Подкапотный фонарь:
1 — лампа; 2 — патрон лампы; 3 — выключатель; 4 — отражатель

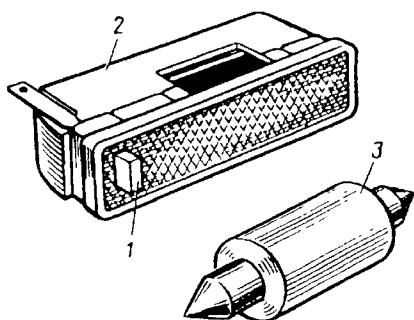


Рис. 8.51. Плафон вещевого ящика автомобиля КАМАЗ:
1 — выключатель; 2 — корпус; 3 — лампа типа А24-3

глаза водителя или механика. Фонарь освещения багажного отделения обычно защищен от возможного повреждения грузом. Светотехнические характеристики этих приборов не нормированы.

Необходимая освещенность шкал контрольно-измерительных приборов и циферблатов часов в темное время суток достигается встроенными в них лампами накаливания А12-4, АМН12-3, А24-2, АМН24-3 и другими мощностью 0,8—4 Вт. Комбинации приборов в общем корпусе с одним стеклом освещаются аналогично отдельным приборам. При печатном монтаже приборных панелей возможно применение бесцокольных ламп с гибкими металлическими выводами, впаянными в стеклянный баллон.

Эффективность освещения прибора или комбинации приборов улучшается, если свет лампы соответствует определенному цвету шкалы. Так, черная шкала с белыми цифрами и красными концами стрелок лучше видна при освещении зеленым светом. Число ламп, необходимых для освещения контрольно-измерительных приборов, можно сократить при использовании световодов, которые представляют собой гибкий стержень или жгут тонких волокон из оптически прозрачного материала. Достаточно установить лампу у одного из торцов световода, чтобы от другого торца или отвода получить необходимую освещенность в любых местах панели приборов.

8.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ЛАМПЫ И СИГНАЛИЗАТОРЫ

Наряду со стрелочными контрольно-измерительными приборами и приборами различного назначения с цифровой индикацией применяют контрольные лампы и сигнализаторы (рис. 8.52). Оптические сигнализаторы дополняют контрольно-измерительные приборы или дублируют их, информируя водителя о возникновении критических или аварийных ситуаций в различных системах автомобиля. К оптическим сигнализаторам относятся контрольные лампы заряда аккумуляторной батареи, аварийного понижения давления в смазочной системе двигателя, включения габаритных огней, стояночной тормозной системы и др.

Оптические сигнализаторы имеют разные цвета: красный — сигнализирует об аварийных или критических ситуациях, голубой — для контрольных ламп включения дальнего света, зеленый мигающий — для сигнализатора исправной работы указателей поворота. Желтые светофильтры используют в сигнализаторах включения дополнитель-

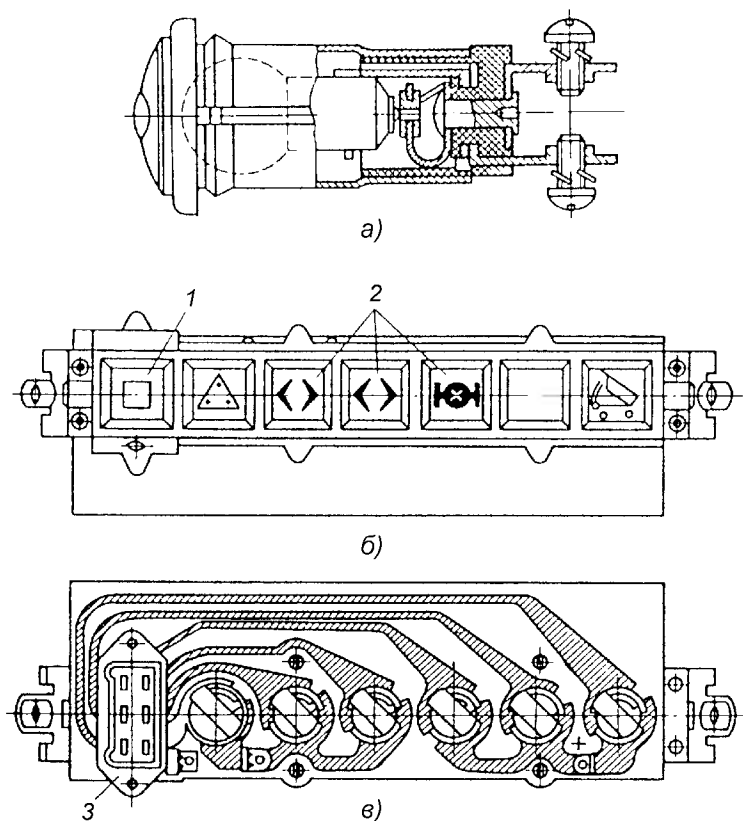


Рис. 8.52. Сигнализаторы:

а — отдельный сигнализатор; *б* — блок сигнализаторов; *в* — печатный монтаж блока сигнализаторов; 1 — кнопка проверки исправности ламп блока; 2 — сигнализаторы; 3 — соединительная колодка

ных приборов, например противотуманных фар, отопителей и т.д. Для различения одноцветных сигнализаторов разного функционального назначения на их светофильтры наносят пиктограммы — схематические рисунки.

Оптический сигнализатор может быть выполнен в виде отдельного прибора и встроен в комбинацию приборов. Иногда несколько сигнализаторов объединены в блоки с общим корпусом. В блоках сигнализаторов может быть предусмотрена контрольная кнопка, при нажатии которой проверяют исправность всех контрольных ламп.

8.7. КОММУТАЦИОННАЯ АППАРАТУРА СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

8.7.1. Назначение

Приборами освещения, габаритными огнями, указателями поворота управляет водитель. Многие световые приборы включаются автоматически при совершении водителем автомобиля какого-либо действия. Например, при торможении практически одновременно с нажатием на педаль загораются сигналы торможения. При включении задней передачи загораются фонари заднего хода. Автоматическое включение световых приборов осуществляется с помощью выключателей различной конструкции, которые устанавливают в цепь электроснабжения приборов. Управление прибором освещения и световой сигнализации обеспечивается в соответствии с электрической схемой их включения.

Световые приборы с источниками электроснабжения соединяют с помощью электропроводков и различных коммутационных устройств. Для управления приборами освещения и световой сигнализации применяют центральные, дополнительные и комбинированные переключатели света, переключатели и электромагнитные или электронные прерыватели тока указателей поворота, выключатели наружного и внутреннего освещения, щитка приборов, сигналов торможения, противотуманных фар, фонарей заднего хода и т.д. Как наиболее протяженные и уязвимые с точки зрения коротких замыканий цепи освещения и световой сигнализации защищены плавкими и биметаллическими предохранителями.

8.7.2. Переключатели

В центральном переключателе света П312 ползункового типа неподвижные контакты панели 6 (рис. 8.53) замыкаются контактной пластиной 9 каретки 5 из изоляционного материала. Каретка, перемещаемая штоком 1, надежно фиксируется в трех положениях шариком 12 с пружиной 10. Реостат 15 в цепи электроснабжения ламп контрольно-измерительных приборов размещен на изоляторе 13. Сопротивление реостата изменяют перемещением подвижного контакта 14, закрепленного на штоке 1. Переключатель собран в корпусе 11 и с помощью кронштейна 2 закреплен на приборной панели. Усилие при перемещении штока составляет 20–40 Н.

Некоторые центральные переключатели соединяются с источниками электроснабжения через биметаллический предохранитель. Пе-

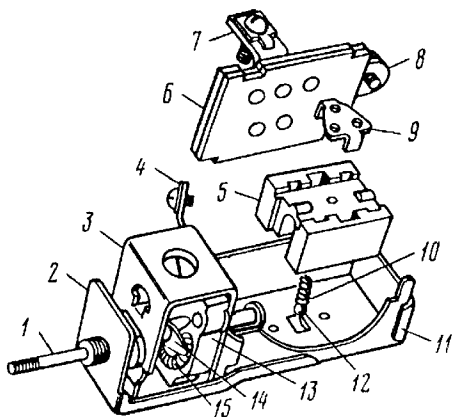


Рис. 8.53. Центральный переключатель света:

1 — шток; 2 — кронштейн крепления; 3 — корпус реостата; 4 — вывод реостата; 5 — каретка; 6 — контактная панель; 7, 8 — выходы переключателя; 9 — контактная пластина; 10 — пружина; 11 — корпус; 12 — шарик; 13 — изолятор реостата; 14 — подвижный контакт реостата; 15 — реостат

переключатели имеют различные схемы коммутации. Применяются схемы включения световых приборов, в которых центральный переключатель отсутствует.

Дополнительный ножной переключатель света П39 (рис. 8.54) обеспечивает переход с ближнего света фар головного освещения на дальний или при соответствующей схеме включения световых приборов — от габаритных огней передних фонарей на ближний свет фар.

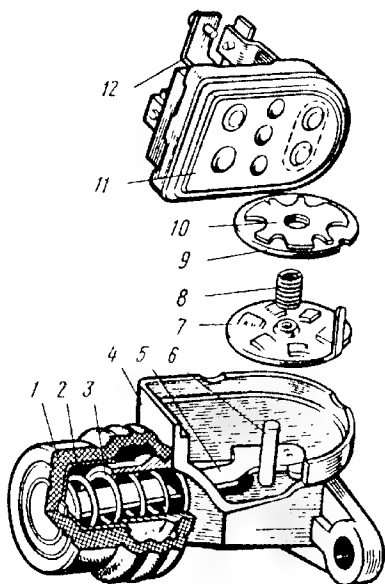


Рис. 8.54. Ножной переключатель света:

1 — защитный резиновый колпачок-уплотнитель; 2 — плунжер; 3 — пружина штока; 4 — корпус; 5 — шток; 6 — ось; 7 — храповик; 8 — пружина храповика; 9 — текстолитовая шайба; 10 — контактная пластина; 11 — контактная панель; 12 — вывод

В корпусе 4 переключателя установлен плунжер 2 с пружиной 3 штока 5. При нажатии на резиновый колпачок-уплотнитель 1 плунжер 2 через шток 5 поворачивает храповик 7 и текстолитовую шайбу 9 с латунной контактной пластиной 10. Последняя замыкает контакты на контактной панели 11 в соответствии со схемой коммутации переключателя. Пружина 8 фиксирует храповик 7 в корпусе 4 и обеспечивает надежное соединение контактных пар. При снятии усилия с колпачка-уплотнителя 1 пружина 3 возвращает плунжер 2 в исходное положение. При повторном нажатии на колпачок-уплотнитель контактная пластина 10 замыкает другую пару контактов на контактной панели 11. Резиновый колпачок-уплотнитель защищает внутренние полости переключателя от проникновения влаги и грязи. Устанавливается ножной переключатель на наклонном полу кабины водителя слева.

Для включения указателей поворота применяют **отдельные переключатели**. Переключатель П110-А (рис. 8.55) устанавливается на рулевой колонке и состоит из механического привода, обеспечивающего ручное включение и автоматическое отключение, и переключателя

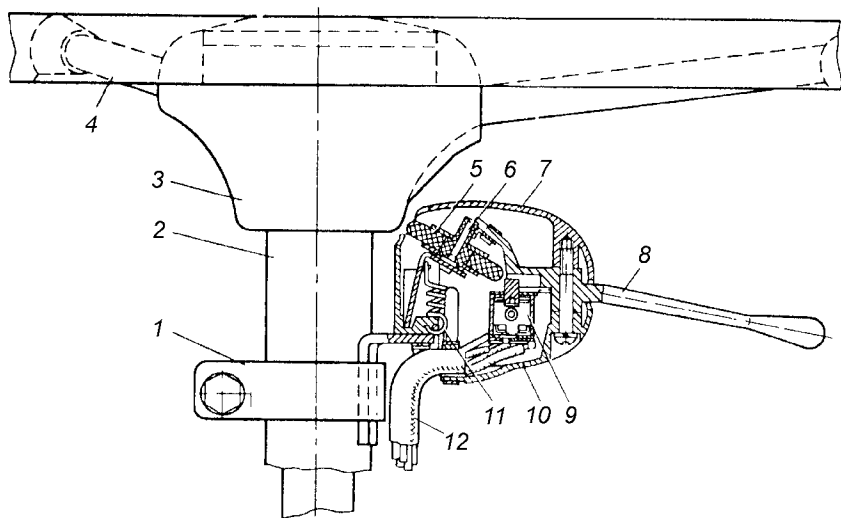


Рис. 8.55. Переключатель указателей поворота:

1 — хомут крепления переключателя; 2 — рулевая колонка; 3 — ступица рулевого колеса; 4 — рулевое колесо; 5 — ролик; 6 — ось ролика; 7 — крышка переключателя; 8 — рычаг; 9 — переключатель; 10 — корпус переключателя; 11 — пружина; 12 — провода

9, предназначенного для соединения электрической цепи сигнальных ламп указателей поворота с источниками тока.

На рулевой колонке устанавливаются также переключатели П105А, П109-А указателей поворота с автоматическим выключением после завершения автомобилем поворота. При повороте автомобиля направо рукоятку переключателя перемещают вправо, при этом мигающим светом горят лампы правых передних, задних указателей поворота и боковых повторителей. При повороте налево рукоятку переключателя перемещают влево, при этом проблесковым светом горят лампы указателей поворота левого борта автомобиля.

Комбинированные многофункциональные переключатели представляют собой устройства, объединяющие в себе функции переключателей света фар и указателей поворота, а также других электротехнических устройств. Их обычно устанавливают в кожухе рулевой колонки под рулевым колесом.

При перемещении рычага управления переключателя П149-01 вверх и вниз подвижный контакт включает соответственно лампы правого и левого указателей поворота. Перемещая рычаг управления на себя, водитель управляет переключением света фар. Три положения переключателя фиксируются подпружиненным шариком. Включение дальнего света фар не фиксируется.

Рычаг переключения света фар в двухрычажном комбинированном переключателе П135-М, дополнительно управляющем указателями поворота, фиксируется в трех положениях, соответствующих выключенным фарам, включенному ближнему свету и включенному дальнему свету. В любом положении водитель может перемещать рычаг на себя вдоль оси рулевой колонки для сигнализации дальним светом независимо от положения клавиши выключателя наружного освещения.

Трехрычажный комбинированный переключатель для легковых автомобилей, представленный на рис. 8.56, состоит из переключателей света фар, указателей поворота, стеклоочистителя, стеклоомывателя и выключателя звукового сигнала. Дальний и ближний свет фар переключаются за счет перемещения вокруг оси рычага 6. Перемещением рычага вдоль рулевой колонки водителем на себя обеспечивается независимое включение дальнего света.

Указатели поворота включаются поворотом рычага 11. При этом контактная пластина 10 соединяет соответствующие контакты 9, а собачка 17, вращаясь вокруг своей оси, позволяет одному из ее плеч занять вертикальное положение. Переключатель указателей поворота

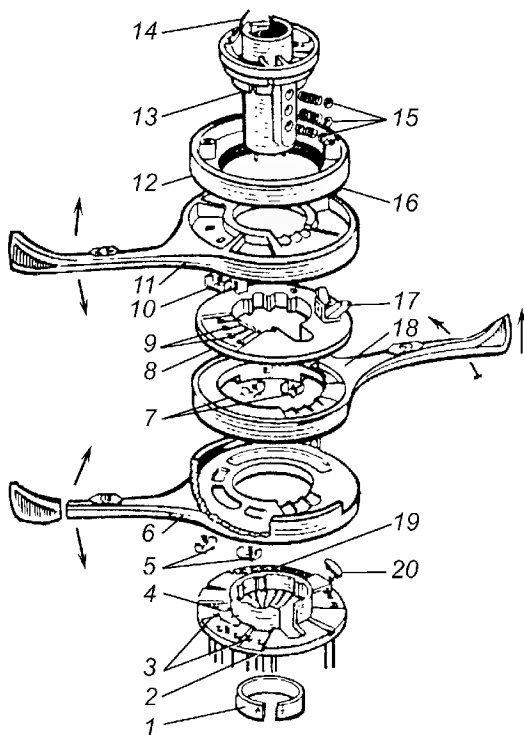


Рис. 8.56. Комбинированный переключатель:

1 стопорное кольцо; 2 корпус переключателя света; 3 контакты ближнего и дальнего света; 4 выключатель электродвигателя омывателя ветрового стекла; 5 контактные пластины переключателя света фар; 6 рычаг переключения света фар; 7 контактные пластины переключателя указателей поворота; 8 корпус переключателя указателей поворота; 9 — контакты переключателя указателей поворота; 10 — контактная пластина переключателя указателей поворота; 11 — рычаг переключателя указателей поворота; 12 — диск автоматического выключения переключателя указателей поворота; 13 — ступица; 14 — контактная пластина кнопки звукового сигнала; 15 — шариковые фиксаторы; 16 — выступы; 17 — собачка автоматического выключения указателей поворота; 18 — рычаг переключателя стеклоочистителя; 19 — контакты переключателя стеклоочистителя; 20 — выключатель, обеспечивающий сигнализацию дальним светом фар

автоматически выключается после завершения маневра. Когда водитель возвращает рулевое колесо в исходное положение, выступ 16 диска 12 переводит собачку 17 и вместе с ней рычаг 11 в нейтральное положение.

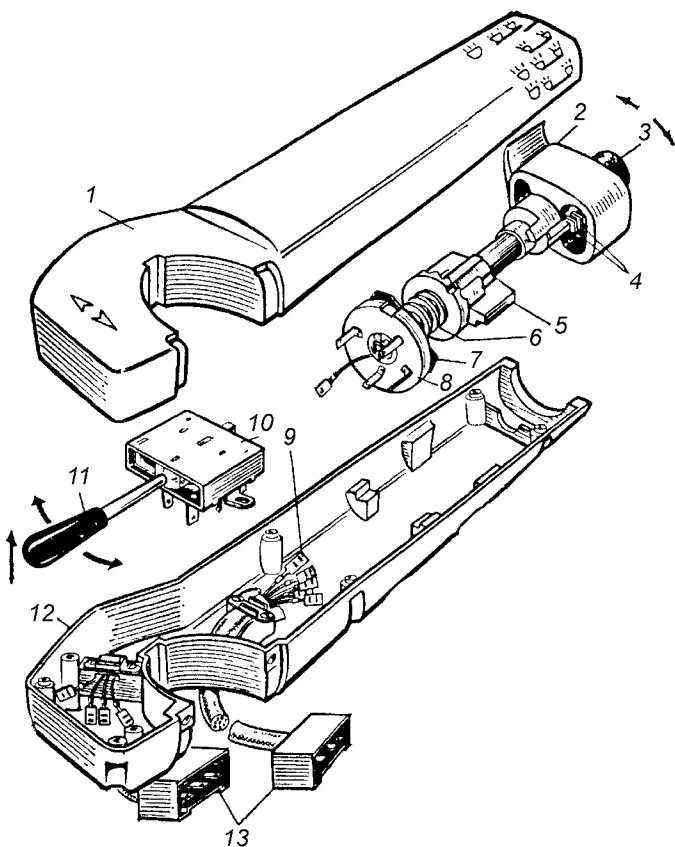


Рис. 8.57. Комбинированный переключатель П145:

1, 12 корпус; 2, 11 рукоятки; 3 кнопочный выключатель; 4 контакт; 5 шариковый фиксатор; 6 пружина; 7 ротор; 8 контактная пластина; 9 провод с наконечниками; 10 переключатель указателей поворота; 13 соединительные колодки; I VIII положения рукоятки

Комбинированный переключатель П145 (рис. 8.57) выполняет функции включения и переключения света фар, передних и задних габаритных огней, указателей поворота, электрического и электропневматического звуковых сигналов. Устанавливается переключатель на рулевой колонке.

Корпус переключателя состоит из двух половин 1 и 12. В корпусе расположены кнопочный выключатель 3 электропневматического

звукового сигнала, переключатель света фар и выключатель габаритных огней, рукоятка *II* переключения указателей поворота и электрического двухтонального звукового сигнала.

К переключателю света относятся контактная пластина 8, контакты которой в соответствии со схемой коммутации соединяются металлическим ротором 7. Ротор, прижимаемый к пластине 8 пружиной 6, вращается рукояткой 2, положение которой фиксируется шариковым фиксатором 5.

Кнопочный выключатель 3 электропневматического сигнала установлен в рукоятке 2. Перемещение рукоятки переключателя света в направлении от водителя обеспечивает сигнализацию дальним светом фар. Это положение рукоятки не фиксируется. При перемещении водителем рукоятки на себя возможны четыре фиксированных положения:

1 — все выключено;

2 — включены передние и задние габаритные огни;

3 — включены габаритные огни в сочетании с ближним светом фар головного освещения;

4 — включены габаритные огни в сочетании с дальним светом фар головного освещения.

Символы — указатели перечисленных положений изображены на корпусе переключателя.

Включение указателей поворота осуществляется рукояткой *II*, которая также имеет четыре положения: нейтральное; левый поворот; правый поворот; включение электрического звукового сигнала (для этого рукоятку *II* перемещают вверх в нефиксируемое положение). Фиксацию рукоятки *II* в трех положениях производит шариковый фиксатор. Возвращение рукоятки *II* в нейтральное положение обеспечивается механизмом автоматического выключения.

Многофункциональный комбинированный переключатель 681.3709 (рис. 8.58) с помощью соединителя 2 и хомута закреплен на кронштейне рулевой колонки. Комбинированный переключатель имеет два самостоятельных переключателя, установленных и зафиксированных с помощью пружинных защелок в соответствующих гнездах соединителя. Левый переключатель 1 коммутирует цепи наружного освещения, указателей поворота и фар головного освещения, а правый 4 — цепи системы очистки лобового и заднего стекол автомобиля и стекол фар головного освещения. При перемещении водителем рукоятки переключателя 1 от себя (положения *VII* рычага) включается дальний свет фар. В нефиксируемом положении *VII* рукоятки переключателя 1 обеспечивается включение дальнего света фар

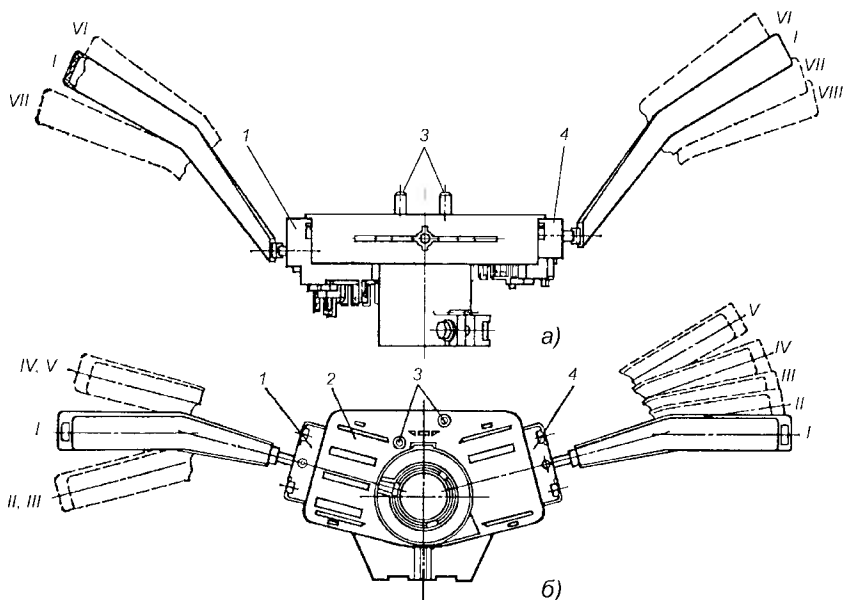


Рис. 8.58. Многофункциональный комбинированный переключатель 681.3709:

а положение рычагов переключателя вдоль оси рулевого колеса; *б* положение рычагов переключателя при перемещении вокруг рулевой колодки; 1 переключатель наружного освещения, указателей поворота и света фар; 2 соединитель; 3 контактные штифты звуковых сигналов; 4 переключатель стеклоочистителя и стеклоомывателя

при световой сигнализации. Жгут проводов к обоим переключателям присоединяется штекерными колодками.

8.7.3. Выключатели

Клавишный выключатель (рис. 8.59) с соответствующим символом на клавише имеет два фиксированных положения и включает лампы габаритных огней, лампы фонарей освещения номерного знака, освещения багажника, а также соединяет с источником электропитания переключатель света фар и выключатель освещения приборной панели. Выключатель закреплен в отверстиях приборной панели с помощью пружинных распорок 1 на его корпусе 2. Клавишный выключатель освещения приборной панели обычно действует только при включенном наружном освещении и зажигании.

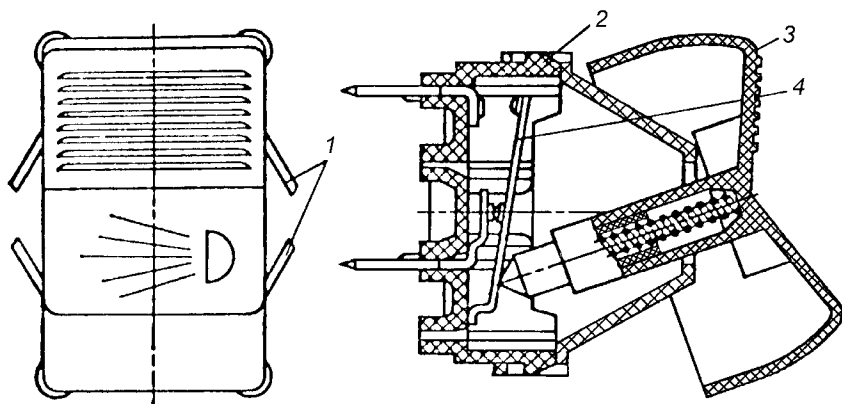


Рис. 8.59. Клавишный выключатель:

1 — пружинные распорки; 2 — корпус; 3 — клавиша; 4 — контактная пластина

Выключатели фонаря заднего хода устанавливаются в коробке передач и служат для автоматического включения фонаря при движении автомобиля задним ходом. При соответствующем положении рычага переключения передач замыкаются контакты в цепи электропитания фонарей заднего хода. Рычаг коробки передач, воздействуя на шарик 7 (рис 8.60), замыкает контакты с выводами 1 контактной пластиной 4.

Конструкция выключателя фонаря заднего хода 55.3710 показана на рис. 8.61. Выключатель с использованием уплотнительного кольца 2 ввернут в крышку коробки передач. При включении пере-

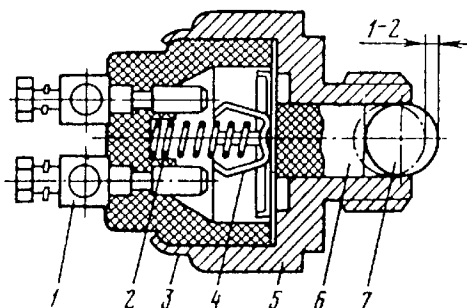


Рис. 8.60. Выключатель ВК403 фонаря заднего хода:

1 вывод; 2 пружина; 3 изолятор; 4 контактная пластина; 5 корпус; 6 толкатель; 7 шарик

Рис. 8.61. Выключатель 55.3710 фонаря заднего хода:

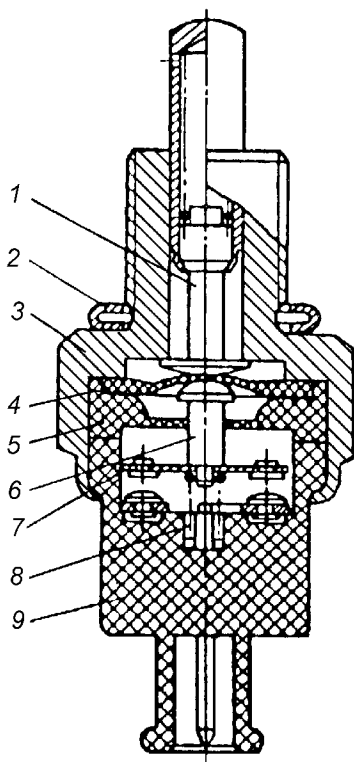
1 — приводной шток; 2 — уплотнительное кольцо; 3 — корпус; 4 — мембрана; 5 — вставка; 6 — изолирующий плунжер; 7 — подвижный контакт; 8 — пружина подвижного контакта; 9 — основание выключателя

дачи заднего хода приводной шток 1, расположенный в корпусе 3, через диафрагму и изолирующий плунжер 6 воздействует на подвижный контакт 7, замыкая контактную систему в основании 9 выключателя. Провода к выключателю подключаются при помощи соединительной колодки со штекерными наконечниками.

В соответствии с типом привода тормозной системы на автомобилях применяются выключатели сигналов торможения с механическим, гидравлическим или пневматическим приводом.

Выключатель с механическим приводом ВК415 (рис. 8.62) устанавливается над тормозной педалью на специальном кронштейне. При нажатии на педаль освобождается шток 5 и под действием пружины замыкает контакты выключателя, находящиеся в цепи электроснабжения сигнала торможения.

Выключатель 15.3720 (рис. 8.63) автоматически включает фонарь сигнала торможения. При нажатии на тормозную педаль усилие с толкателя 1 снимается. Под действием пружин 3 и 7 толкатель 1, перемещаясь в штуцере 2, замыкает между собой штекерные контакты 5 с помощью подвижного контакта 6, расположенного в изолирующем основании 8. Выключатель закреплен в резьбовом отверстии усилителя кронштейна педалей тормозной системы и сцепления. Присоединительные провода имеют штекерные наконечники с изолирующими колпачками. Полярность присоединения проводов значения не имеет.



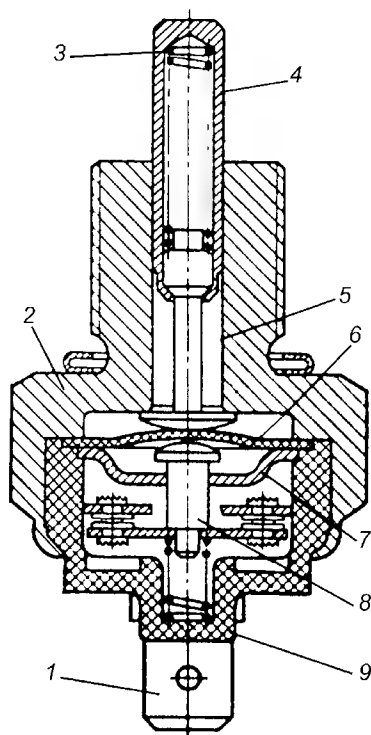


Рис. 8.62. Выключатель ВК415 сигнала торможения:

1 — вывод; 2 — корпус; 3 — пружина; 4 — плунжер; 5 — шток; 6 — мембрана; 7 — стопорная шайба; 8 — изолирующий плунжер; 9 — основание с контактами

В корпусе 1 (рис. 8.64) выключателя сигнала торможения ВК12-Б установлена диафрагма 5. Пружина 3, отжимая диафрагму 5 с контактным диском 4, размыкает контактную систему. Выключатель установлен в тройнике главного тормозного цилиндра тормозного гидропривода. При торможении под давлением жидкости, поступающей в корпус выключателя, диафрагма прогибается и, преодолевая сопротивление пружины, замыкает контакты выключателя, находящиеся в цепи электроснабжения сигнала торможения.

Аналогично работает выключатель сигнала торможения с пневмоприводом при поступлении в него

сжатого воздуха из пневматической тормозной системы (рис. 8.65).

В составе приборных панелей ряда легковых автомобилей и автобусов КАвЗ, ПАЗ предусмотрена контрольная лампа, информирующая водителя о выходе из строя части рабочей тормозной системы, которая включается выключателем ВК424 (рис. 8.66). Токпроводя-

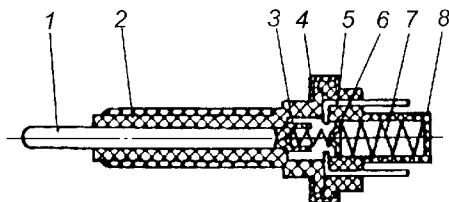


Рис. 8.63. Выключатель 15.3710 сигнала торможения:

1 — толкатель; 2 — штуцер; 3 — пружина толкателя; 4 — колпачок; 5 — штекерный контакт; 6 — подвижный контакт; 7 — пружина контакта; 8 — изолирующее основание

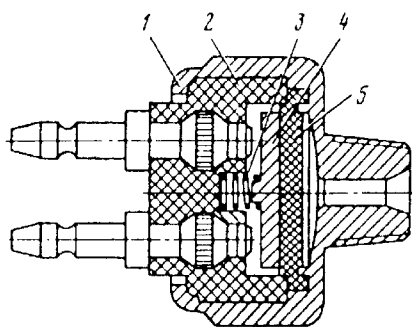


Рис. 8.64. Выключатель ВК12-Б сигнала торможения:

1 — корпус; 2 — изолятор с выводами;
3 — пружина; 4 — контактная шайба;
5 — диафрагма

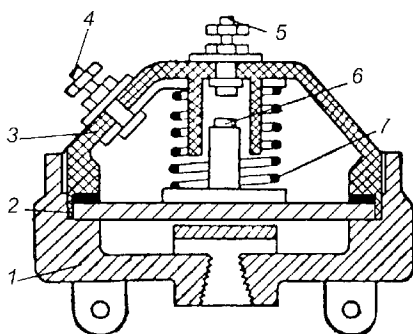
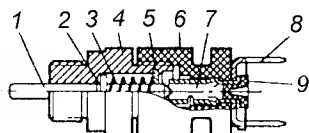


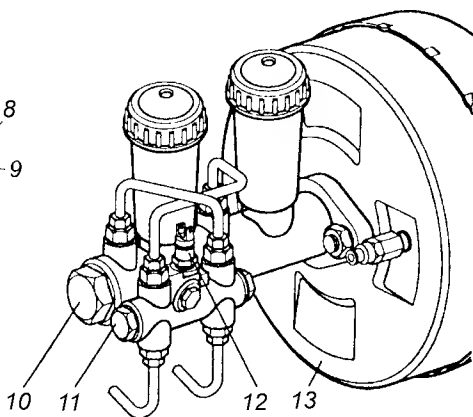
Рис. 8.65. Выключатель сигнала торможения с пневмоприводом:

1 — корпус; 2 — диафрагма; 3 — изолятор;
4, 5 — выводы; 6 — контакт; 7 — пружина

ший штекер выключателя замыкается на массу контактом 7, находящимся в держателе 6, при перемещении плунжера 1 в случае нарушения герметичности в одном из контуров рабочей тормозной системы.



а)



б)

Рис. 8.66. Выключатель ВК424 сигнального устройства:

а — устройство; б — размещение в гидроприводе тормозной системы; 1 — плунжер;
2 — замыкатель; 3 — пружина; 4 — корпус; 5 — шайба; 6 — держатель; 7 — контакт;
8 — штекер; 9 — заглушка; 10 — главный тормозной цилиндр; 11 — сигнальное устройство;
12 — выключатель; 13 — вакуумный усилитель

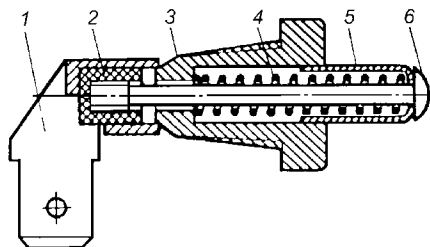


Рис. 8.67. Выключатель ВК409 контрольной лампы стояночной тормозной системы:
 1 — штекерный контакт; 2 — изолятор контакта; 3 — корпус выключателя; 4 — пружина; 5 — направляющая штекера; 6 — штифт с кнопкой

После восстановления работоспособности тормозной системы плунжер возвращается в исходное состояние под действием пружины 3.

Выключатель контрольной лампы стояночной тормозной системы ВК409 (рис. 8.67) установлен на кронштейне в механизме привода тормозной системы.

При снятии усилия со штифта 6 выключателя под действием пружины 4, расположенной в направляющей 5, штекерный контакт 1 соединяется с массой через корпус 3 выключателя, ввернутый непосредственно в кузов автомобиля. Присоединительные провода имеют наконечник с изолирующими колпачками.

Подкапотный фонарь при открывании капота включается выключателем (рис. 8.68). При снятии усилия на шток 4 со стороны капота подвижный контакт 6 под действием пружины 7 замыкает токопроводящий штекер 1 и контактную пластину 5, соединяющую выключатель с массой кузова автомобиля через крышку 2 выключателя и винт его крепления.

Выключатель аварийной световой сигнализации (рис. 8.69) служит для одновременного включения всех указателей поворота.

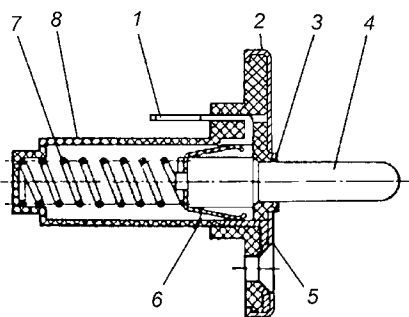


Рис. 8.68. Выключатель ВК409 контрольной лампы стояночной тормозной системы:

1 — штекер; 2 — крышка; 3 — втулка; 4 — шток; 5 — контактная пластина; 6 — подвижной контакт; 7 — пружина; 8 — корпус

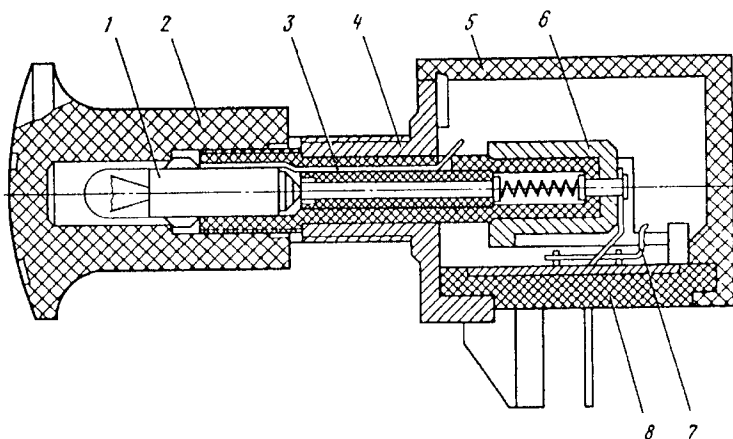


Рис. 8.69. Выключатель аварийной световой сигнализации:

1 контрольная лампа; 2 ручка; 3 шток; 4 корпус; 5 крышка; 6 каретка; 7 – контактная пластина; 8 – основание с выводами

8.8. РЕЛЕ-ПРЕРЫВАТЕЛИ

8.8.1. Назначение

Реле-прерыватели предназначены для работы в режиме маневрирования, когда мигают лампы указателей поворота одного борта автомобиля и трактора, и в режиме аварийной сигнализации, при котором мигают лампы указателей поворота двух бортов одновременно. Для формирования прерывистого светового сигнала указателей поворота применяют *электромагнитные* и *электронные* реле-прерыватели.

Реле-прерыватели выполняют следующие функции:

генерацию импульсов напряжения, подаваемых на лампы указателей поворота и боковых повторителей;

выдачу информации об отказе в работе любой из сигнальных ламп указателей поворота.

8.8.2. Электромагнитные реле-прерыватели указателей поворота

На гетинаксовом основании 1 (рис. 8.70, а) электромагнитного прерывателя РС57 установлен сердечник 7 электромагнита с обмот-

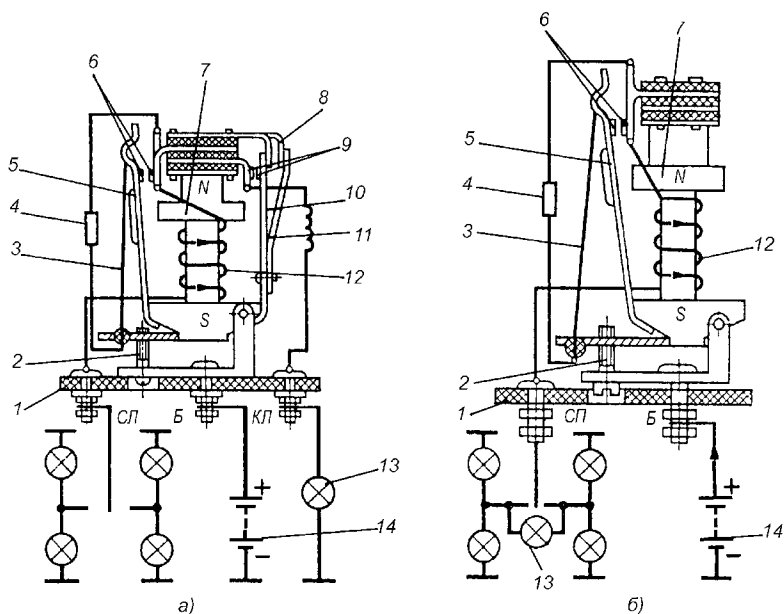


Рис. 8.70. Электромагнитные реле-прерыватели указателей поворота:

а — РС57; *б* — РС57В; 1 — основание; 2 — регулировочный винт; 3 — струна; 4 — резистор; 5, 10 — якорь; 6 — контакты в цепи сигнальных ламп; 7 — сердечник электромагнита; 8 — металлическая планка; 9 — контакты в цепи контрольной лампы; 11 — пластина; 12 — обмотка электромагнита; 13 — контрольная лампа; 14 — аккумуляторная батарея

кой 12. К сердечнику прикреплены два якоря 5 и 10 с подвижными контактами, а также изолированные неподвижные контакты.

При включенном зажигании в момент включения правого или левого поворота поступающий на вывод "Б" реле-прерывателя ток от аккумуляторной батареи 14 проходит через сердечник 7 электромагнита, якорь 5, нихромовую струну 3, резистор 4, обмотку 12 и далее с вывода "СЛ" через переключатель на сигнальные лампы указателей поворота соответствующего борта автомобиля.

Контакты 6 в разомкнутом состоянии удерживает струна 3, закрепленная в изолирующей стеклянной бусинке. При прохождении тока струна нагревается и удлиняется, ее натяжение уменьшается. Сердечник 7 электромагнита притягивает якорь 5. Контакты 6 замыкаются, и ток к сигнальным лампам указателей поворота подводится, минуя резистор 4 и струну 3. Лампы горят полным накалом. Отключенная

струна 3 охлаждается, становится короче и размыкает контакты 6. Далее процесс повторяется. Реле-прерыватель обеспечивает проблесковый режим работы лампы с частотой 90 ± 30 циклов в 1 мин.

В результате увеличения силы тока в обмотке 12 электромагнита после замыкания контактов 6 к сердечнику 7 притягивается якорь 10, подпружиненный плоской пластиной 11, и через замкнутые контакты 9 ток поступает к контрольной лампе 13.

В случае перегорания одной из ламп указателей поворота сила тока в обмотке электромагнита уменьшается. Намагничивающей силы электромагнита уже будет недостаточно для притягивания якоря 10 и замыкания контактов 9, поэтому контрольная лампа не загорается. При этом уменьшается также частота мигания исправных ламп указателей поворота.

Нарушение регулировки реле-прерывателя влияет на натяжение струны 3, что приводит к изменению частоты мигания ламп указателей поворота. Если струна натянута слишком сильно, то лампы гореть не будут, и, наоборот, если натяжение струны ослаблено, то лампы будут гореть с постоянным накалом. Натяжение струны регулируется винтом 2. Для большего натяжения струны и увеличения частоты мигания ламп винт следует ввертывать.

В случае обрыва струны 3 контакты 6 прерывателя остаются в замкнутом состоянии, поэтому при включении указателей поворота их лампы горят с постоянным накалом. Перегорание струны 3 или резистора 4 происходит обычно при сильном натяжении струны, повышенном регулируемом напряжении генераторной установки и длительной работе реле-прерывателя.

При нарушении регулировки моментов замыкания контактов 6 и 9 в реле-прерывателе Р57 сигнальные и контрольные лампы работают несогласованно. Эта несогласованность в работе устраняется подгибанием металлической планки 8, вследствие чего изменяется натяжение пружинящей пластины 11.

Реле-прерыватель РС57В отличается от реле-прерывателя РС57 наличием только одной пары контактов 6 (рис. 8.70, б) и способом подключения контрольной лампы 13.

Электромагнитные реле-прерыватели достаточно надежны в работе, однако не удовлетворяют современным требованиям, согласно которым в аварийных ситуациях должны одновременно включаться сигнальные лампы указателей поворота двух бортов автомобиля. Так как электромагнитные реле-прерыватели чувствительны к нагрузке, одновременное включение ламп указателей поворота двух бортов вы-

зовет изменение частоты и скважности проблесков по отношению к установленным нормам.

Электромагнитные реле-прерыватели указателей поворота могут вызвать значительные изменения параметров световых сигналов (например частоты мигания ламп) в зависимости от подводимого напряжения, температуры окружающей среды, продолжительности эксплуатации.

8.8.3. Электронные реле-прерыватели указателей поворота и аварийной сигнализации

Применение электронных реле-прерывателей позволяет снизить зависимость параметров световых сигналов от внешних факторов, что повышает безопасность движения. Электронные реле-прерыватели контролируют исправность ламп указателей, что также очень важно для эксплуатации автомобиля.

Контактно-транзисторный реле-прерыватель указателей поворота РС950 (рис. 8.71) для 12-вольтных систем электрооборудования обеспечивает не только создание прерывистого сигнала указателей поворота автомобиля (тягача) и прицепа при маневрировании, но и подачу сигналов об аварийном состоянии автомобиля мигающим светом ламп всех указателей поворота. Частота проблесковых сигналов не зависит от числа включенных ламп. Переключатель *S1* позволяет контролировать исправность ламп тягача и прицепа при включении указателей поворота для сигнализации о маневрировании.

Прерыватель состоит из задающего генератора импульсов, исполнительного электромагнитного реле *K1*, реле *K2* контроля исправности сигнальных ламп тягача и реле *K3* исправности сигнальных ламп прицепа.

При включенном зажигании, но нейтральном положении переключателя *S1* и выключателя аварийной сигнализации *S2* (БК422), реле-прерыватель находится под напряжением, однако генератор импульсов не работает. Транзистор *VT1* закрыт, так как к его переходу эмиттер—база через резисторный мост *R1*, *R2*, *R4* и *R5* подведено запирающее напряжение. Закрытый транзистор *VT1* размыкает цепи баз и удерживает в состоянии отсечки транзисторы *VT2* и *VT3*. Обмотка исполнительного реле *K1* отключена от источника электроснабжения. Контакты реле *K1:1* разомкнуты.

При включении указателей поворота или аварийной сигнализации конденсатор *C1* начинает заряжаться. Одновременно параллельно резистору *R4* подключается цепочка резистор *R6* — диод *VD1* через замк-

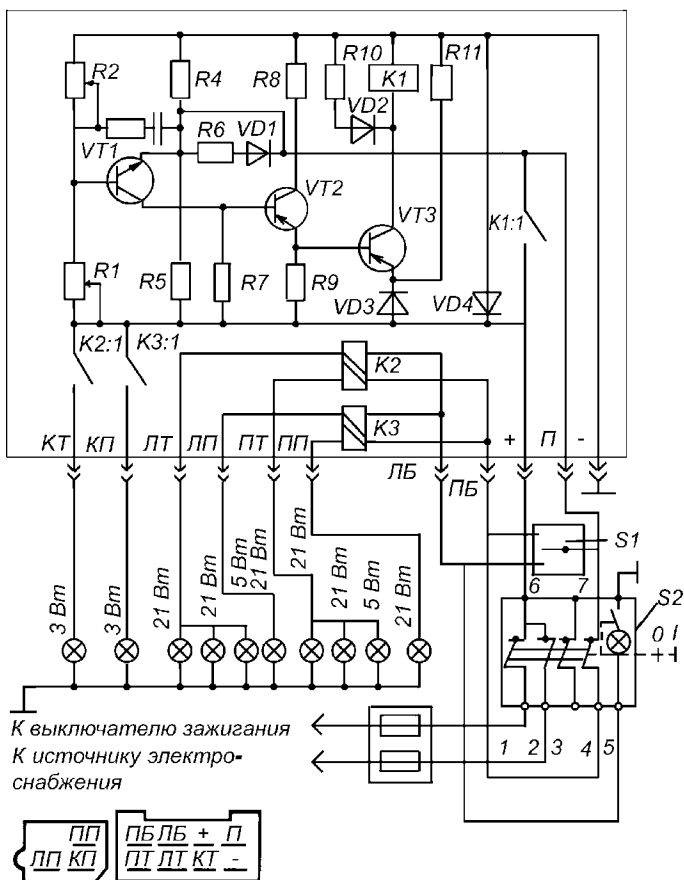


Рис. 8.71. Контактно-транзисторный реле-прерыватель РС950:

КТ – контрольная лампа тягача; *КП* – контрольная лампа прицепа; *ЛТ* – указатели поворота левого борта тягача; *ЛП* – указатели поворота левого борта прицепа; *ПТ* – указатели поворота правого борта тягача; *ПП* – указатели поворота правого борта прицепа; *ЛБ* – левый борт; *ПБ* – правый борт; *П* – переключатель

нутые контакты переключателя *S1* или выключателя *S2*, обмотки реле *K2* и *K3* и холодные нити ламп указателей поворота одного или двух бортов автомобиля-тягача и прицепа. Это приводит к понижению потенциала эмиттера транзистора *VT1*. Транзистор *VT1*, а затем и транзисторы *VT2* и *VT3* переходят в состояние насыщения, ток поступает в обмотку реле *K1*, контакты реле *K1:1* замыкаются и включают лампы

указателей поворота. Конденсатор *С1* начинает разряжаться, но в процессе разряда удерживает транзистор *VT1* в состоянии насыщения. После разряда конденсатора *С1* транзисторы *VT1*, *VT2* и *VT3* переходят в состояние отсечки. Электроснабжение обмотки реле *К1* прекращается. Яркость свечения ламп указателей поворота резко снижается, так как ток в них проходит через резисторы *R5*, *R6* и диод *VD1*.

При запираании транзистора *VT3* цепочка резистор *R10* — диод *VD2* уменьшает ЭДС самоиндукции в обмотке исполнительного реле *К1*. Диод *VD4* предохраняет реле-прерыватель от импульсов напряжения обратной полярности генератора импульсов при резком изменении нагрузки.

После размыкания контактов *К1:1* лампы остаются подключенными к реле-прерывателю. Однако, несмотря на параллельную работу цепочки резистор *K6* — диод *VD1* и резистора *R4*, транзистор *VT1* в течение некоторого времени удерживается в закрытом состоянии вследствие заряда конденсатора *С1*. При уменьшении силы зарядного тока конденсатора до определенного уровня транзистор *VT1* вновь открывается. В дальнейшем процесс генерации импульсов тока повторяется.

Каждая из обмоток двухобмоточных реле *К2* и *К3* пропускает токи ламп указателей поворота одного борта тягача или прицепа. В случае перегорания одной из ламп сила тока уменьшается, контакты реле не замыкаются и соответствующая контрольная лампа не загорается.

Аварийная сигнализация включается независимо от положения переключателя *SI* указателей поворота и выключателя зажигания. При этом контрольные лампы указателей поворота не горят, так как обе обмотки двухобмоточных реле *К2* и *К3* включены встречно. При протекании тока по двум обмоткам суммарное магнитное поле равно нулю и контакты *К2:1* или *К3:1* не замыкаются. Выключатель аварийной сигнализации ВК422 имеет свой индикатор—лампу в ручке выключателя, которая мигает синхронно с лампами двух бортов тягача и прицепа.

Все элементы реле-прерывателя РС950 расположены на общей печатной плате и заключены в пластмассовый корпус. Для подключения к схеме электрооборудования автомобиля на крышке предусмотрены две штекерные колодки: одна — для тягача; другая — для прицепа.

Номинальная мощность контрольных ламп реле-прерывателя РС950 и его модификаций не должна превышать 3 Вт. Металлокерамические контакты *К1:1* коммутируют ток силой до 30 А, достигаемый в момент включения ламп.

Реле-прерыватель указателей поворота РС951, применяемый в 24-вольтовых системах электрооборудования, имеет схему, аналогичную

схеме реле-прерывателя РС950, но отличается номинальными параметрами резисторов и обмоток.

Отличительной особенностью реле-прерывателя РС951-А (рис. 8.72) является применение электронной защиты от коротких замыканий в цепях электроснабжения сигнальных ламп указателей поворота. Короткое замыкание приводит к резкому увеличению падения напряжения на резисторе $R12$. Превышение напряжения эмиттера над напряжением базы становится достаточным для перехода транзистора $VT4$ в состояние на-

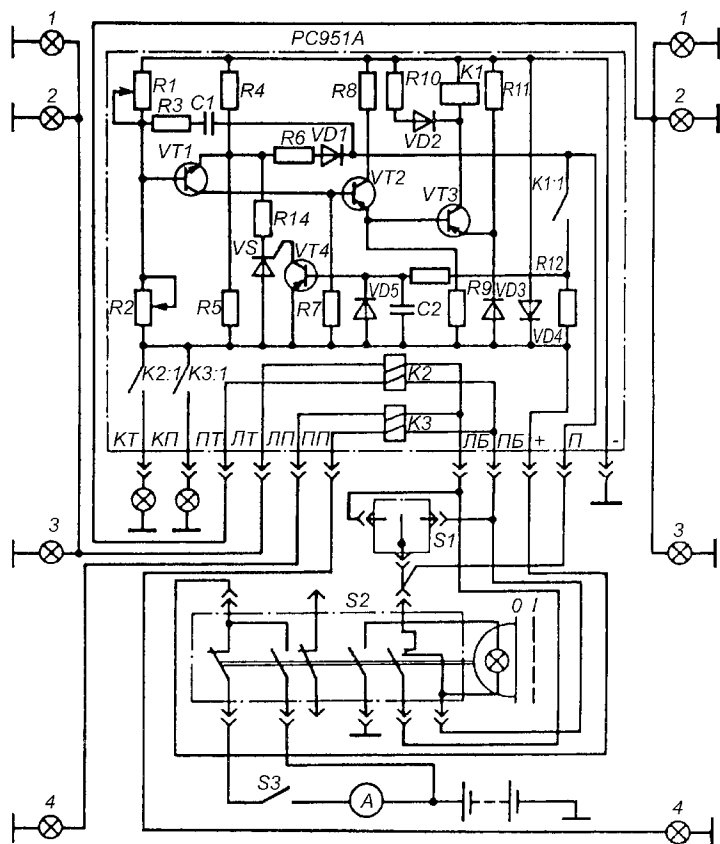


Рис. 8.72. Реле-прерыватель РС951-А:

1 — лампы передних указателей поворота; 2 — лампы боковых повторителей; 3 — лампы задних указателей поворота; 4 — лампы указателей поворота прицепа. Буквенные обозначения те же, что и на рис. 8.71

сыщения, через эмиттер-коллекторный переход которого подается управляющий сигнал на тиристор *VS*. Тиристор открывается, напряжение на эмиттере транзистора *VT1* повышается, и он закрывается. Запирание транзистора *VT1* приводит к запиранию транзисторов *VT2*, *VT3* и размыканию контактов *K1:1* исполнительного реле *K1*. Генератор импульсов перестает работать. Это предотвращает перегорание обмоток реле *K2* и *K3* контрольных ламп.

Конденсатор *C1* исключает срабатывание электронной защиты от одиночных сигналов. Диод *VD5* ограничивает максимальную величину смещения напряжения на базе транзистора *VT4* на уровне 0,7–0,8 В.

Для того чтобы после срабатывания электронной защиты снова включить реле-прерыватель, необходимо устранить неисправность, снять напряжение (для выключения тиристора) и вновь подключить реле-прерыватель к источнику электроснабжения.

Реле-прерыватель РС951-А предназначен для работы в системе электрооборудования напряжением 24 В автомобиля с прицепом и способен коммутировать сразу шесть основных сигнальных ламп мощностью по 21 Вт.

В электронном реле-прерывателе РС950Е (рис. 8.73), предназначенном для автомобилей с двухрежимной световой сигнализацией, для формирования импульсов тока используется специализированная микросхема *K224*. При включенном переключателе указателей поворота или выключателе аварийной сигнализации генератор импульсов работает с частотой, определяемой конденсатором и резисторами, подключенными к выводам 1–4 микросхемы.

При прохождении тока сигнальных ламп указателей поворота, работающих в режиме маневрирования, через обмотки реле *K2* и *K3* замыкаются герметизированные магнитоуправляемые контакты (герконы) КЭМ-2А. Транзистор *VT1* открывается и подключает контрольную лампу к источнику электроснабжения. Геркон состоит из стеклянного баллона, внутри которого установлены две пружинные контактные пластины из ферромагнитного материала. Сверху на баллон намотаны две обмотки в противоположных направлениях. При прохождении тока по какой-либо обмотке создается магнитное поле, под действием которого намагничиваются обе контактные пластины. Они, притягиваясь друг к другу, замыкают электрическую цепь.

Так как герконовые реле *K2* и *K3* имеют по две встречно намотанных обмотки, в режиме аварийной сигнализации контрольная лампа не горит. При перегорании лампы указателя поворота соответствующая обмотка реле *K2* или *K3* отключается от источника электроснабже-

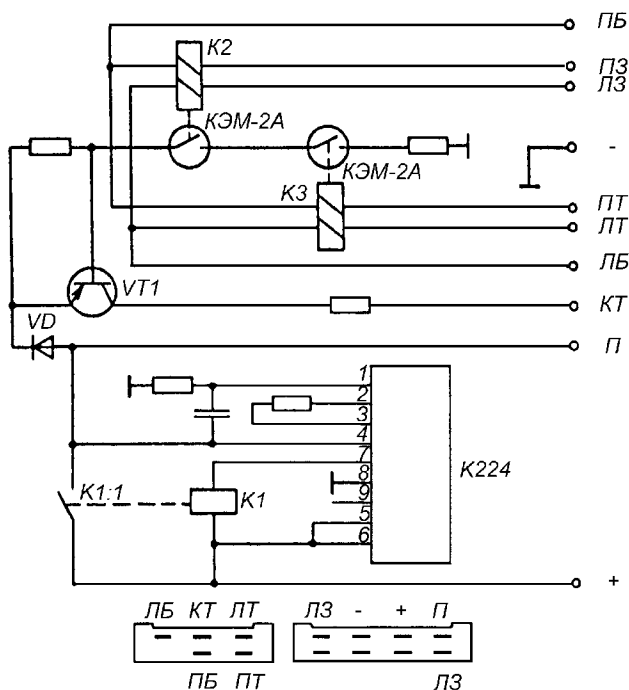


Рис. 8.73. Реле-прерыватель PC950-E:

ПЗ — правый задний указатель поворота; *ЛЗ* — левый задний указатель поворота. Остальные буквенные обозначения те же, что и на рис. 8.71

ния и один из герконов не замыкается. Контроль за работой сигнальных ламп осуществляется отдельно для передних и задних фонарей.

Реле-прерыватель PC950И (рис. 8.74) дополнительно осуществляет контроль сигнальных ламп указателей поворота прицепа, поэтому имеет три геркона 2, 3 и 4 с обмотками управления.

Реле-прерыватель PC950П (рис. 8.75), применяемый на автомобилях ГАЗ и ЗИЛ, по своим функциям является полным аналогом реле-прерывателя PC950И, однако собран на другой элементной базе.

В реле-прерывателе 23.3747 (рис. 8.76) генератор импульсов и схема контроля исправности ламп собраны на микросхемах. Схема контроля исправности ламп представляет собой токовое реле, в обмотке которого во время работы указателей поворота протекает ток, создающий магнитное поле, обеспечивающее замыкание контактов реле.

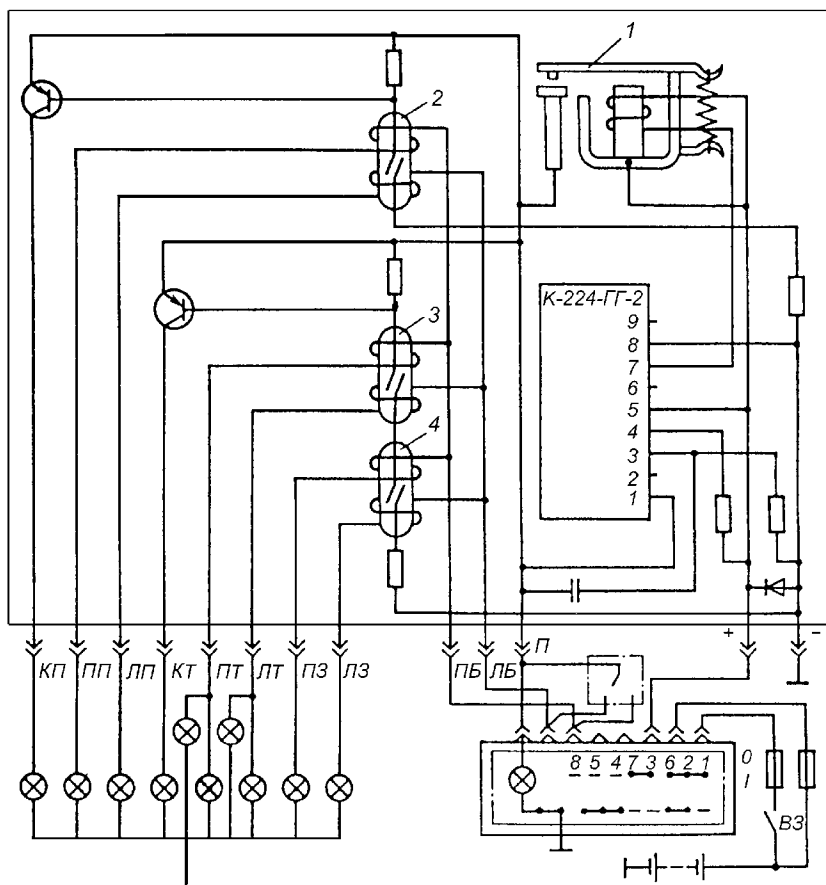


Рис. 8.74. Реле-прерыватель РС950И:
 1 — исполнительное реле; 2, 3, 4 — герконы

Если одна лампа перегорает, то магнитное поле уменьшается и контакты не замыкаются.

В модернизированном реле-прерывателе 231.3734 (рис. 8.77) микросхемы заменены на отдельные элементы. Генератор импульсов собран на транзисторах, а схема контроля на герконе с контактами $K2:1$ с обмоткой $K2$. Исполнительное реле $K1$ имеет две пары контактов: одна $K1:1$ коммутирует ток сигнальных ламп указателей поворота; другая $K1:2$ — ток контрольной лампы.

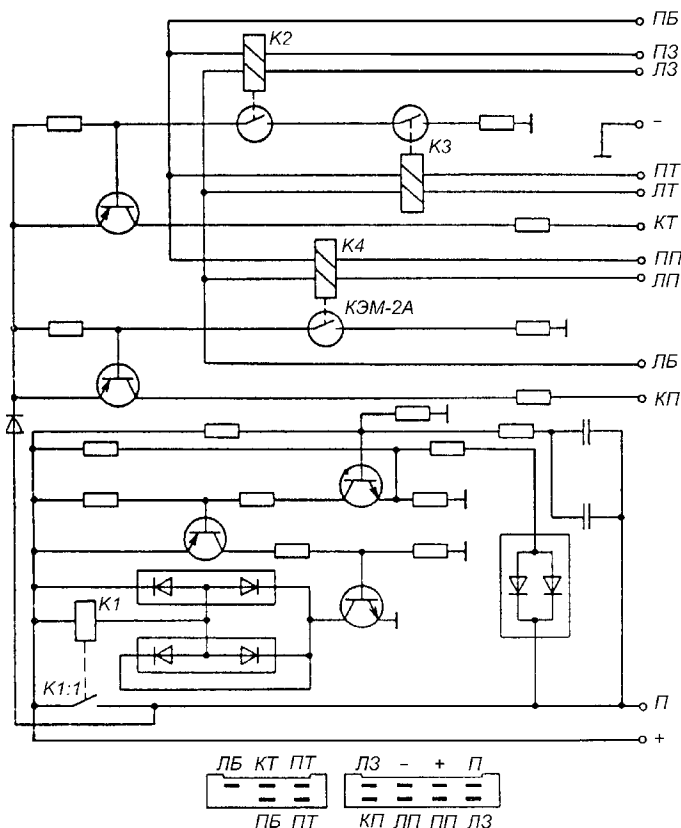


Рис. 8.75. Реле-прерыватель PC950П. Обозначения те же, что и на рис. 8.71 и 8.73

В реле-прерывателе 231.3734 контроль исправности ламп контролируется в то время, когда лампы не горят. В этот период на лампы подается ток небольшой силы и по падению напряжения на лампах оценивается их исправность. Информацию о том, что перегорела одна из сигнальных ламп, водитель получает в виде удвоения частоты мигания контрольной лампы.

У реле-прерывателя 491.3747 (рис. 8.78) для повышения помехозащищенности генератор импульсов собран на дискретных элементах.

Схема реле-прерывателя включает три узла: генератор импульсов, собранный на трех транзисторах; исполнительное реле *K1* с одной

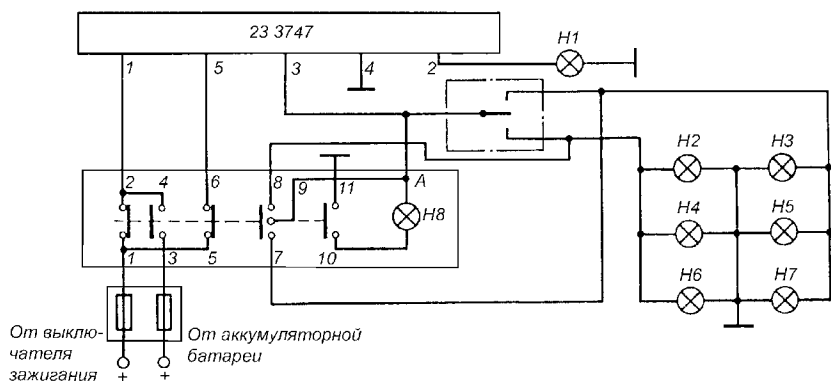
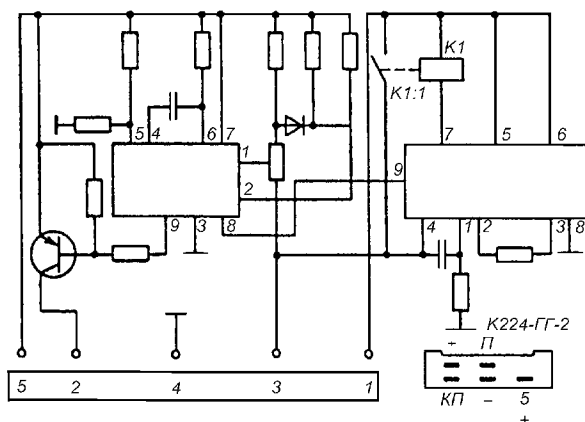


Рис. 8.76. Реле-прерыватель 23.3747:

а — схема реле-прерывателя; *б* — схема подключения реле-прерывателя к сигнальным и контрольным лампам; B_k — выключатель аварийной сигнализации

парой замыкающих контактов; узел контроля выхода из строя сигнальных ламп на герконе с контактами $K2/1$ и обмоткой $K2$.

При включении указателей поворота вывод "49а" соединяется с сигнальными лампами одного из бортов автомобиля, выходной транзистор КТ814В генератора импульсов открывается, на обмотку исполнительного реле $K1$ поступает ток. Контакты реле $K1/1$ замыкаются. Время горения сигнальных ламп указателей определяется цепью заряда конденсатора.

Если одна из сигнальных ламп указателей поворота не горит, то сила тока, протекающего через обмотку геркона $K2$, уменьшается.

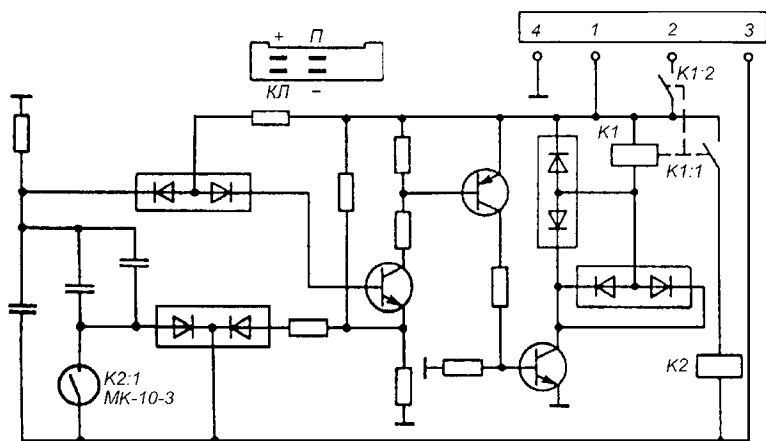


Рис. 8.77. Реле-прерыватель 231.3747

Контакты $K2:1$ геркона размыкаются. Суммарная емкость времязадающей цепи уменьшается, а следовательно, уменьшается и время заряда, определяющее время горения ламп указателей поворота. При этом возрастает частота мигания контрольной лампы.

В режиме маневрирования напряжение на реле-прерыватель 491.3747 подается только после поворота ключа в выключателе зажигания в положение "Зажигание".

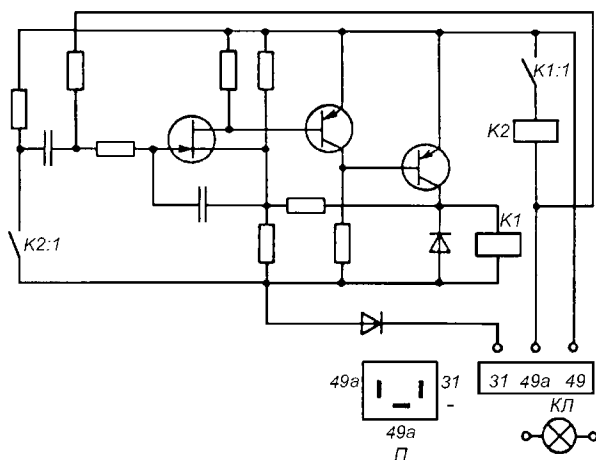


Рис. 8.78. Реле-прерыватель 491.3747

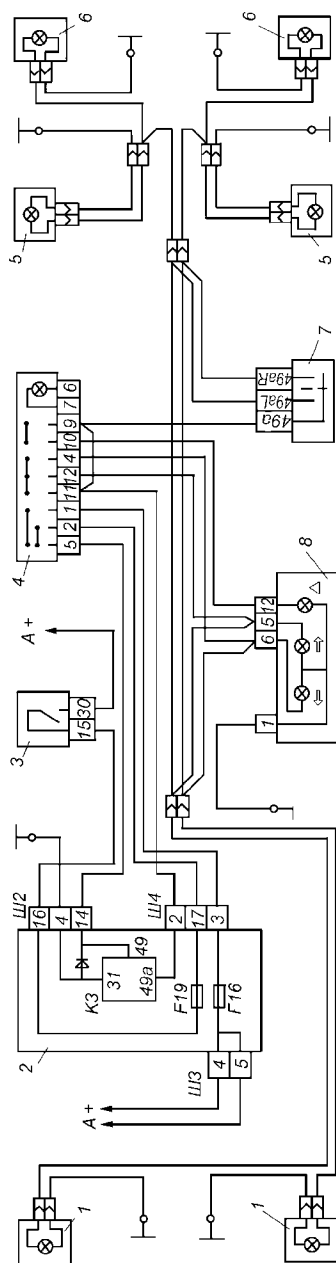


Рис. 8.79. Схема включения указателей поворота и аварийной сигнализации автомобилей ВАЗ-2110, -2111 и -2112:
 1 — лампы указателей поворота в блок-фарах; 2 — монтажный блок; 3 — выключатель аварийной сигнализации; 4 — выключатель зажигания; 5 — лампы указателей поворота в наружных задних фонарях; 6 — боковые указатели поворота; 7 — комбинация приборов с контрольными лампами указателей поворота и аварийной сигнализации; 8 — реле-прерыватель указателей поворота и аварийной сигнализации; А — к источникам электроснабжения

Аварийная сигнализация включается независимо от положения ключа. В режиме маневрирования реле-прерыватель начинает работать при включении нагрузки одного борта, а в аварийной ситуации — при включении нагрузки двух бортов. Выключатель аварийной сигнализации обеспечивает подачу напряжения на реле-прерыватель от аккумуляторной батареи, включает одновременно лампы указателей поворота двух бортов. В своей конструкции он имеет контрольную лампу, которая мигает при его включении.

Указатели поворота на автомобилях ВАЗ моделей 2110, 2111 и 2112 включаются переключателем 7 (рис. 8.79). В аварийной ситуации выключателем 4 включаются все указатели поворота. При этом мигание ламп обеспечивается реле-прерывателем КЗ, расположенным в монтажном блоке 2.

Схема соединений указателей поворота на автомобиле "ГАЗель" показана на рис. 8.80.

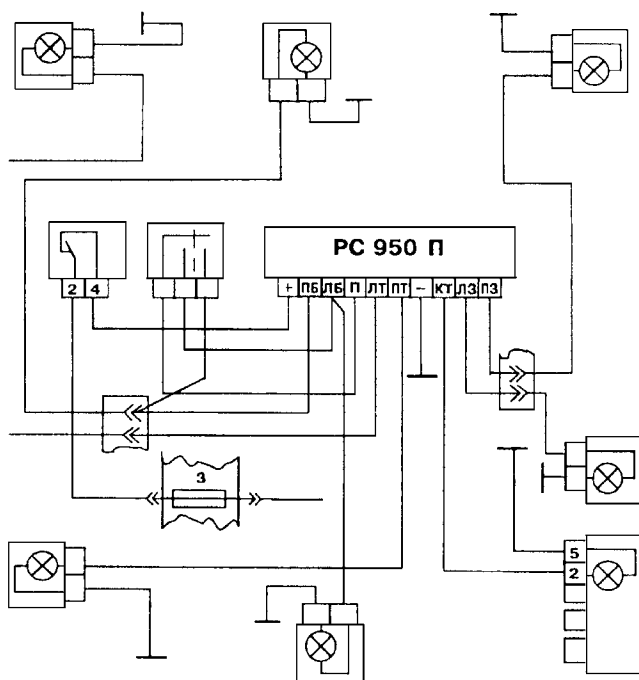


Рис. 8.80. Схема соединений указателей поворота на автомобиле "ГАЗель"

9. ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛЫ

9.1. НАЗНАЧЕНИЕ. ХАРАКТЕРИСТИКИ

Звуковые сигналы предназначены для обеспечения безопасности движения автомобиля в транспортном потоке. Их используют для оповещения пешеходов и водителей других транспортных средств о наличии и приближении автомобиля и трактора. Звуковые сигналы включаются в противоугонные системы автомобилей.

Звуковые сигналы подразделяют:

- по характеру звучания — на шумовые и тональные;
- по устройству — на рупорные и безрупорные;
- по роду тока — на сигналы постоянного и переменного тока;
- по принципу действия — на электрические вибрационные и электропневматические.

Электроснабжение звуковых сигналов постоянного тока осуществляется от бортовой сети электрооборудования.

Основными характеристиками звуковых сигналов являются уровень звукового давления (в децибелах) и спектральный состав звука. Звуковое давление должно быть в пределах 85—125 дБ. Основная частота звука составляет 200—400 Гц. Обычно на автомобилях используется одновременное включение сигналов низкого и высокого тонов. Основные частоты звука этих сигналов гармонично сочетаются. Разница основных частот звука сигналов высокого и низкого тонов составляет 65—100 Гц. Наибольшее воздействие оказывают на слуховые органы человека и хорошо слышны в кабине обгоняемого автомобиля при высоком уровне посторонних шумов звуковые сигналы, частотный спектр которых находится в пределах 1800—3550 Гц. Поэтому размеры, материалы и конфигурацию мембран, резонаторов и других звукоизлучающих деталей подбирают таким образом, чтобы вся звуковая энергия сигнала была сконцентрирована в этом диапазоне.

9.2. БЕЗРУПОРНЫЕ ШУМОВЫЕ СИГНАЛЫ

По устройству и принципу действия шумовые и тональные сигналы незначительно отличаются друг от друга. Безрупорные шумовые

звуковые сигналы имеют упрощенную конструкцию и настроены на один музыкальный тон. Наиболее широко распространены электрические вибрационные звуковые сигналы сравнительно малой мощности (40–60 Вт), обладающие достаточно хорошим звучанием.

Безрупорный шумовой сигнал (рис. 9.1) имеет резонатор 19 в виде чашеобразного диска, который колеблется вместе с мембранной 18. Один вывод безрупорного шумового сигнала постоянного тока соединен с аккумуляторной батареей, а второй с выключателем, замы-

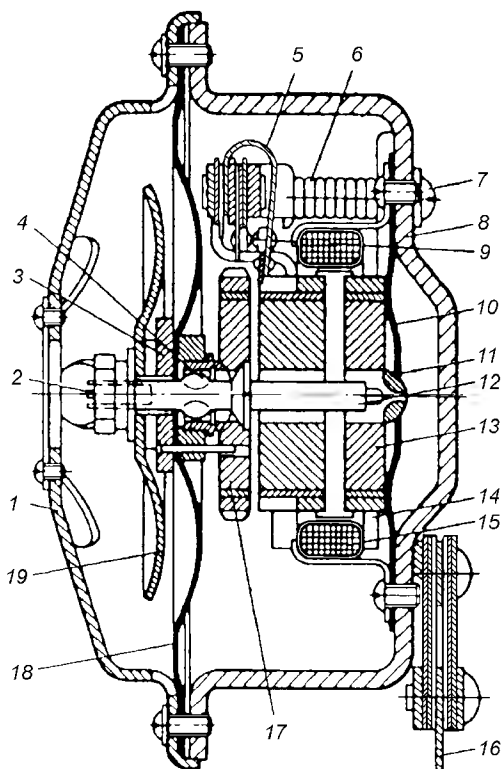


Рис. 9.1. Безрупорный шумовой сигнал:

1 – крышка; 2 – шлиц для регулировки; 3 – прижимная шайба; 4 – шпоночный выступ; 5 – пружинная пластина прерывателя; 6 – пружина регулировочного винта; 7 – регулировочный винт; 8 – корпус; 9 – контакты прерывателя; 10 – центрирующая пружина; 11 – упор стержня; 12 – стержень; 13 – сердечник электромагнита; 14 – конденсатор; 15 – обмотка электромагнита; 16 – пружинная подвеска; 17 – якорь; 18 – мембрана; 19 – резонатор

кающим цепь электроснабжения обмотки 15 электромагнита 13 на массу. При включении сигнала электромагнит притягивает якорь 17, вместе с которым перемещается мембрана 18 с резонатором 19. В конце хода якорь нажимает на пружинную пластину 5, размыкая контакты 9 прерывателя. Цепь электроснабжения электромагнита размыкается, и под действием упругой силы мембрана движется в обратном направлении, вновь замыкая контакты 9 прерывателя. Далее цикл движения якоря с мембраной периодически повторяется.

Вибрация мембраны передается резонатору 19. От частоты колебаний мембраны и резонатора зависит высота тона звучания сигнала и нужный частотный диапазон звукоизлучения. Качество звучания сигнала регулируется винтом 7, головка которого расположена с внешней стороны корпуса 8. Регулировочный винт изменяет положение контактов 9 прерывателя относительно якоря 17.

Мембрана 18 по периферии зажимается между корпусом 8 и крышкой 1. Центральная часть мембраны жестко связана с якорем. Подбором прокладок между корпусом и мембраной регулируется зазор между якорем 17 и сердечником 13 электромагнита. Зазор регули-

руется также поворотом стержня 12, положение которого фиксируется гайкой. Поворот стержня осуществляется воздействием на шлиц 2, для чего гайка предварительно должна быть ослаблена. После окончания регулирования гайку следует тщательно затянуть. От зазора между якорем 17 и сердечником 13 зависят громкость, тон звукоизлучения и сила тока, потребляемого звуковым сигналом тока.

Принцип работы сигнала С311 (рис 9.2), устанавливаемого на трактор МТЗ-80, аналогичен.

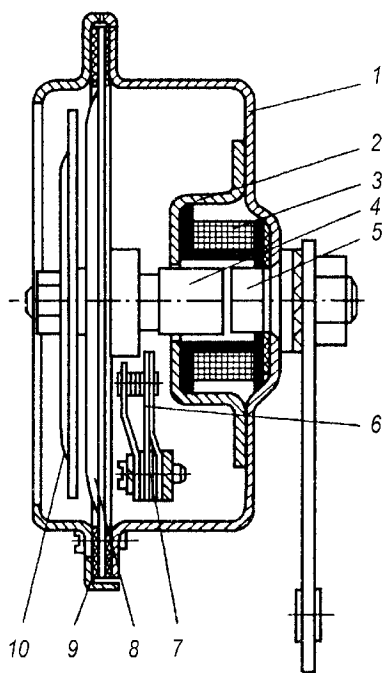


Рис. 9.2. Безрупорный звуковой сигнал постоянного тока:

1 крышка; 2 мембрана; 3 электромагнит; 4 — якорь; 5 — сердечник электромагнита; 6 — прерыватель; 7 — регулировочный винт; 8 — регулировочная прокладка; 9 — корпус; 10 — резонатор

9.3. РУПОРНЫЕ ТОНАЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ

Необходимые характеристики звукоизлучения рупорного тонального сигнала (рис. 9.3) обеспечиваются совместной работой электромагнитной системы, которая вызывает колебания мембраны 1, и рупора 12, выполняющего роль резонатора.

Рупорный тональный сигнал имеет корпус 10, электромагнит с обмоткой 3, сердечником 6 и якорем 13, прерыватель с контактами 8 и мембрану 1. Резонатором в тональном сигнале является столб воздуха, заключенный в рупоре 12. Конфигурация рупора обеспечивает взаимную настройку частот колебаний мембраны и воздушного столба, чем достигается получение громкого звука определенного тона. Конец рупора расширяется для эффективного излучения звука.

Мембрана установлена между корпусом 10 и рупором 12. На мембране жестко закреплен якорь 13 с упорным штифтом 7. Один конец обмотки 3 электромагнита соединен с изолированным выводом 2, другой — с пружиной 9 подвижного контакта. В исходном положении

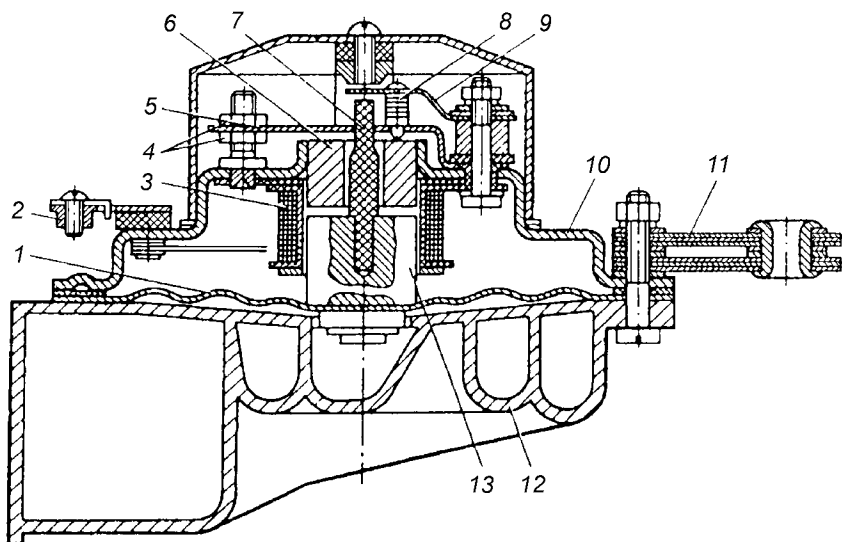


Рис. 9.3. Тональный рупорный сигнал:

1 — мембрана; 2 — изолированный вывод обмотки; 3 — обмотка электромагнита; 4 — регулировочные гайки; 5 — пластина неподвижного контакта; 6 — сердечник электромагнита; 7 — упорный штифт; 8 — контакты; 9 — пружина подвижного контакта; 10 — корпус; 11 — подвеска сигнала; 12 — рупор; 13 — якорь

контакты 8 замкнуты и соединяют цепь электроснабжения обмотки электромагнита через пластину 5 неподвижного контакта, корпус 10, подвеску 11 и корпус автомобиля с отрицательным выводом аккумуляторной батареи.

При подсоединении вывода 2 выключателя сигнала с положительным выводом аккумуляторной батареи на обмотку 3 электромагнита подается напряжение бортовой сети электрооборудования автомобиля. Якорь 13, преодолевая упругую силу мембраны 1, притягивается к сердечнику 6 электромагнита. При этом штифт 7 нажимает на пружину 9 и размыкает контакты 8 прерывателя в цепи электроснабжения обмотки электромагнита.

При размыкании электрической цепи обмотки 3 сердечник 6 электромагнита перестает притягивать якорь 13, а мембрана 1 под действием упругих сил возвращается вместе с якорем 13 в исходное положение. Контакты вновь замыкаются. Далее процесс повторяется. В результате якорь колеблется с частотой 200–400 Гц. Колебательный процесс мембраны сложнее, поэтому в спектре звука, создаваемом воздушным столбом в рупоре при колебаниях мембраны, присутствуют составляющие с частотой 2000–3500 Гц.

Определенный тон сигнала обеспечивают подбором толщины мембраны и конфигурацией рупора. Регулирование высоты тона и громкости звука осуществляется перемещением пластины 5 неподвижного контакта с помощью гаек 4.

Для уменьшения искрения контактов прерывателей в тональных звуковых сигналах так же, как и в шумовых, параллельно контактам включают резисторы или конденсаторы. В малогабаритных сигналах элементы, уменьшающие искрение контактов, не устанавливаются.

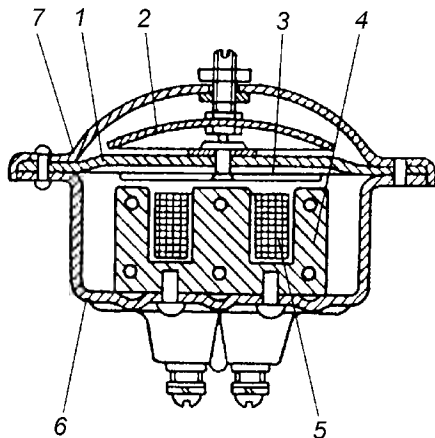
Для того чтобы исключить влияние колебаний автомобиля и трактора на звукоизлучение, применяют рессорную подвеску звуковых сигналов. Необходимо учитывать, что на слышимость сигнала влияет возникающее при движении автомобиля вихревое движение воздуха. Кроме того, чем больше скорость автомобиля, тем меньше расстояние, на котором слышен сигнал.

9.4. ЗВУКОВОЙ СИГНАЛ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Безрупорный звуковой сигнал переменного тока (рис. 9.4) получает питание от генератора переменного тока. Катушка 5 электромагнита закреплена в алюминиевом корпусе 6.

Рис. 9.4. Звуковой сигнал переменного тока:

1 — мембрана; 2 — резонатор; 3 — якорь; 4 — сердечник электромагнита; 5 — катушка электромагнита; 6 — корпус; 7 — крышка



Частота переменного тока зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя. С такой же частотой колеблется мембрана 1. Штифт колеблющейся мембраны периодически ударяется о штифт резонатора 2, жестко соединенного с крышкой 7. После каждого удара резонатор колеблется с постоянной частотой, которая должна обеспечивать необходимый тембр звука.

9.5. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Обычно на автомобили устанавливают комплект звуковых сигналов: один низкого тона; один или два высокого тона. В зависимости от силы потребляемого тока звуковые сигналы в комплекте включают параллельно или последовательно. Безрупорные сигналы, которые потребляют токи меньшей силы, чем рупорные, включаются непосредственно механической кнопкой (рис. 9.5) или электромеханическими выключателями иной конструкции. Сила тока, потребляемая рупорными сигналами, превышает допустимые значения для электромеханических выключателей звуковых сигналов. Для включения сигналов в этом случае применяют промежуточные реле (реле сигналов). При такой схеме через электромеханический выключатель протекает небольшой силы ток, потребляемый обмоткой промежуточного реле. Цепь электроснабжения звуковых сигналов защищается предохранителями.

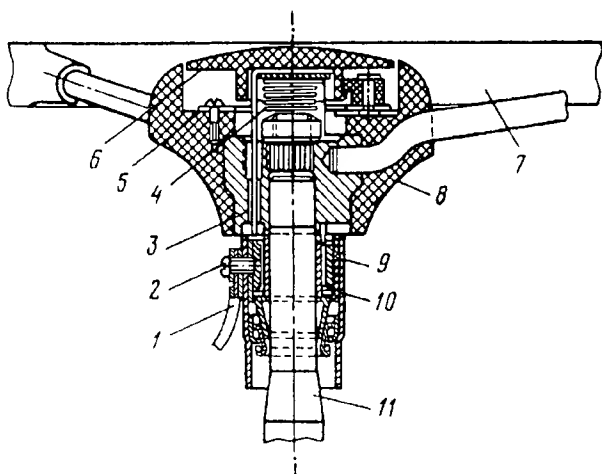


Рис. 9.5. Выключатель звукового сигнала:

1 — провод; 2 — вывод; 3 — подвижная контактная скоба; 4 — пружина; 5 — панель; 6 — кнопка включения звукового сигнала; 7 — рулевое колесо; 8 — ступица рулевого колеса; 9 — контактное кольцо; 10 — изоляционное кольцо; 11 — вал рулевого колеса

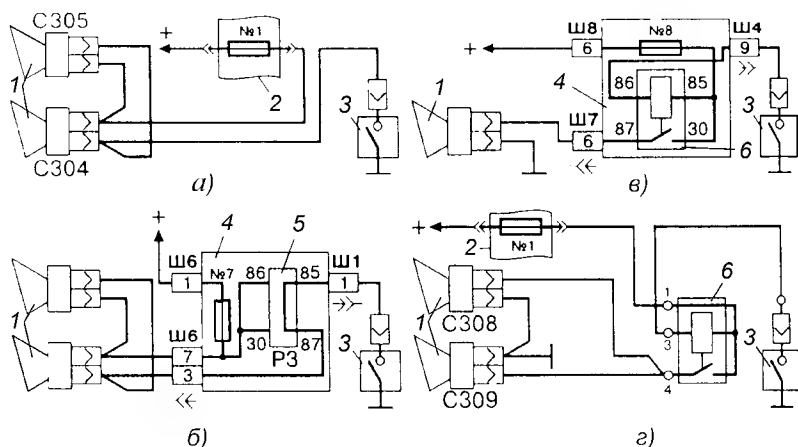


Рис. 9.6. Схемы управления звуковыми сигналами автомобилей ВАЗ моделей:

а — 2101, 2102, 21011, 21013, 2121; б — 2103, 2106; в — 2105, 2104, 2107; г — 2108, 2109; 1 — звуковой сигнал; 2 — блок предохранителей; 3 — выключатель сигнала; 4 — блок реле и предохранителей (монтажный блок); 5 — контактная перемычка (в автомобилях ВАЗ 2107 вместо перемычки устанавливается реле); 6 — реле включения сигналов

Схемы управления двумя звуковыми сигналами на автомобилях ВАЗ приведены на рис. 9.6. Комплект сигналов, как правило, включает два безрупорных или два рупорных (низкого и высокого тонов), настроенных на совместную работу.

На ряде моделей легковых автомобилей ВАЗ применяются звуковые сигналы типа *С309*, *С308*, которые относятся к электромагнитным сигналам тонального типа, настроенным на определенный тон звучания. Основная частота звучания у сигнала *С308* составляет 410—430 Гц, а у сигнала *С309* — 503—523 Гц. Сигналы *С308* и *С309* взаимозаменяемы по установочным размерам и отличаются только длиной канала рупора и массой грузиков, закрепленных на якоре электромагнита. От массы этих грузиков зависит частота колебаний мембраны и, следовательно, тон звука.

Обычно звуковые сигналы *С309* и *С308* устанавливают в моторном отсеке и крепятся на кронштейне, приваренном к панели рамки радиатора.

Автомобили МАЗ-64227 и МАЗ-54322 имеют два звуковых сигнала: пневматический с электроклапаном и электрический. Пневматический сигнал устанавливается на крыше кабины. Комплект электрических сигналов состоит из двух сигналов низкого и высокого тона. Для установки в кабине предусмотрено также шумовое реле — зуммер, сигнализирующее о снижении давления воздуха в контурах тормозной системы и засоренности воздушного и масляного фильтров.

Схема включения звуковых приборов автомобилей МАЗ показана на рис. 9.7. Электрический сигнал включается рычагом, расположенным слева на подрулевом переключателе—рукоятке управления указателями поворота. При подъеме рукоятки вверх соединяют с массой обмотку реле включения сигналов, контакты которого замыкают цепь электроснабжения электрического звукового сигнала.

Пневматический сигнал 4 управляется кнопкой, расположенной справа на подрулевом переключателе 8. Этой кнопкой включается электропневмоклапан, который открывает доступ сжатого воздуха в звуковой сигнал, имеющий два рупора высокой и низкой частоты. При подаче воздуха вибраторы сигнала издадут громкий мелодичный звук.

Пневматические звуковые сигналы с электропневмоклапаном наряду с электрическими сигналами устанавливают на автомобилях КамАЗ. Двухтональный двухрупорный пневматический звуко-

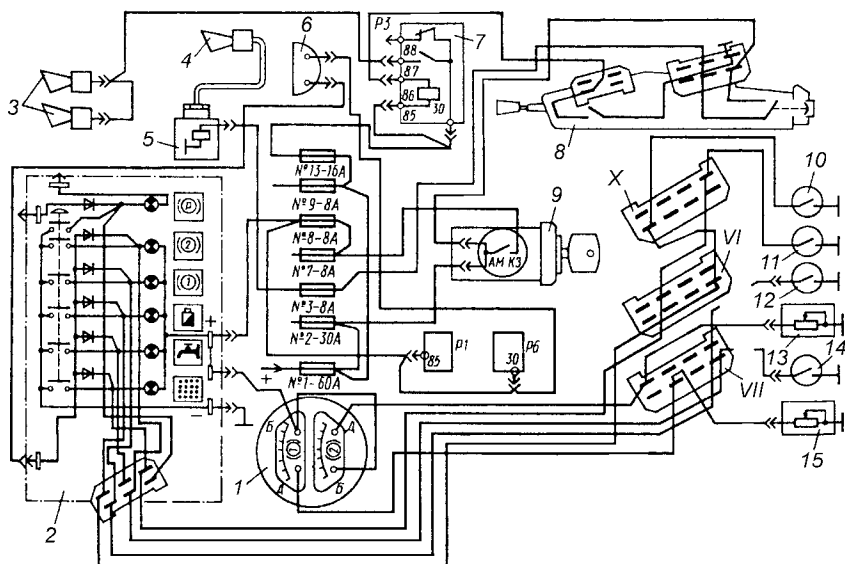


Рис. 9.7. Схема звуковых приборов грузового автомобиля:

1 указатель давления; 2 блок контрольных ламп; 3 электрические сигналы; 4 пневматический сигнал; 5 электропневмоклапан; 6 зуммер; 7 реле включения сигналов; 8 подрулевой переключатель; 9 выключатель приборов и стартера; 10 датчик контрольной лампы засоренности масляного фильтра; 11 датчик контрольной лампы засоренности воздушного фильтра; 12 датчик аварийного давления в переднем контуре тормозной системы; 13 датчик указателя давления в заднем контуре тормозной системы; 14 датчик аварийного давления в заднем контуре тормозной системы; 15 датчик указателя давления в переднем контуре тормозной системы; VI, VII, X штекерные соединители

вой сигнал работает при включении электропневмоклапана с помощью кнопки, расположенной на комбинированном переключателе света. Звук пневмосигнала должен быть чистым при подаче в него сжатого воздуха из пневмосистемы автомобиля под давлением 390–680 кПа.

Зуммер тормозной системы типа РС531, предназначенный для внутренней сигнализации в кабине, включен в цепь сигнализации о падении давления в контурах пневматического тормозного привода. Зуммер звучит одновременно с включением любой из четырех контрольных ламп, информирующих водителя о снижении давления воздуха в одном из контуров. Устанавливается зуммер под панелью приборов.

10. АВТОТРАКТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ

10.1.1. Назначение. Структурная схема

Назначение электропривода (ЭП) состоит в обеспечении движения исполнительных механизмов устройств различного функционального назначения и управлении этим движением. ЭП представляет собой электромеханическую систему, осуществляющую преобразование электрической энергии в механическую и обеспечивающую электрическое управление потоками как электрической, так и механической энергии.

ЭП включает в себя совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих друг с другом механических, электромеханических, электротехнических и электронных элементов и устройств. ЭП состоит из двух основных частей: силовой части, включающей электродвигатель и устройство для передачи механической энергии исполнительному механизму, и системы управления, содержащей устройства для формирования требуемых свойств ЭП и средства защиты от возникновения внештатных ситуаций.

Структурная схема ЭП приведена на рис. 10.1. Зачерненными стрелками на схеме показаны силовые потоки энергии, а тонкими — маломощные управляющие и информационные цепи.

Электромеханическим преобразователем электрической энергии, потребляемой от источника тока 3, в механическую энергию является электродвигатель 1. На некоторых режимах работы ЭП (динамическое торможение, рекуперация) электродвигатель осуществляет и обратное преобразование энергии, получая механическую энергию от исполнительного механизма.

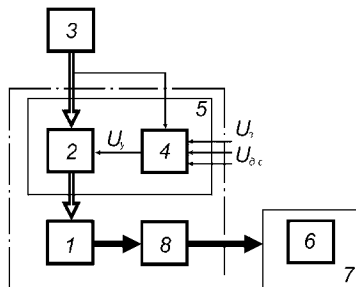


Рис. 10.1. Структурная схема электропривода

От электродвигателя механическая энергия через механический, гидравлический или электромагнитный передаточный механизм 8 подается на рабочий орган 6 исполнительного механизма 7. Передаточный механизм обеспечивает согласование параметров движения электродвигателя и исполнительного механизма.

Большое значение при проектировании ЭП имеет правильный выбор способа соединения приводного электродвигателя с исполнительным механизмом соответствующего функционального устройства. Непосредственное их соединение без передаточного механизма обычно неосуществимо, так как, как правило, частоты вращения якоря электродвигателя значительно большие, чем вала исполнительного механизма. Передаточные механизмы необходимы также в ЭП, где вращательное движение электродвигателя преобразуется в поступательное или колебательное движения рабочего органа.

Быстроходные электродвигатели имеют меньшие габаритные размеры, массу и стоимость, чем тихоходные. Однако при их использовании в ЭП исполнительных механизмов с низкими скоростями перемещения рабочих органов конструкция передаточного механизма усложняется и стоимость его повышается, потери увеличиваются, КПД ЭП существенно снижается. С другой стороны, менее выгодной может оказаться упрощенная кинематическая схема передаточного механизма в сочетании с тихоходным электродвигателем. Тот или иной вариант ЭП выбирается на основании сопоставления возможных комбинаций соединения электродвигателя и исполнительного механизма.

10.1.2. Управление электроприводами

Для получения энергии с требуемыми для электродвигателя 1 (см. рис. 10.1) параметрами и управления потоком этой энергии в электрическую цепь между электродвигателем и источником электроэнергии включается силовой преобразователь 2. В ЭП используются различные типы силовых преобразователей: управляемые и неуправляемые выпрямители, инверторы, импульсные преобразователи напряжения постоянного тока с различным видом модуляции выходного напряжения постоянного тока, в которых в основном используются полупроводниковые элементы (диоды, транзисторы, тиристоры и др.).

Управление электроприводом и автоматизацию его работы обеспечивает блок управления 4. Блок управления вырабатывает выход-

ной сигнал управления U_y , который подается в силовой преобразователь, в соответствии с входным сигналом U_x , задающим характер движения рабочего органа исполнительного механизма, и рядом других сигналов $U_{дс}$, дающих информацию о реализации функций исполнительного механизма, характере его движения, работе отдельных узлов ЭП, возникновении аварийных ситуаций и т.д. Блок управления 4 вместе с силовым преобразователем 2 образуют систему управления 5 ЭП.

10.1.3. Классификация. Конструктивные схемы электроприводов

ЭП классифицируют по характеру движения, типу и принципу работы силового преобразователя, числу используемых электродвигателей, виду источника электроэнергии, способу управления, наличию или отсутствию механической передачи и т.д.

По характеру движения различают ЭП вращательного, колебательного и поступательного движения. При этом частота вращения вала якоря электродвигателя может быть регулируемой и нерегулируемой, а само движение — непрерывным или дискретным, однонаправленным или двунаправленным (реверсивным).

По числу используемых электродвигателей различают групповые, индивидуальные (одиночные) и взаимосвязанные (многодвигательные) ЭП. Групповые ЭП характеризуются тем, что один электродвигатель ЭП приводит в движение несколько исполнительных механизмов одного устройства или один исполнительный механизм нескольких устройств. Индивидуальный ЭП обеспечивает движение одного рабочего органа исполнительного механизма. Взаимосвязанный ЭП представляет собой два или несколько электрически и механически связанных между собой индивидуальных ЭП, работающих совместно на один или несколько исполнительных механизмов. При этом, если электродвигатели связаны между собой механически и работают на общий вал, ЭП называется многодвигательным. В многодвигательном ЭП не только каждый исполнительный механизм приводится в движение отдельным электродвигателем, но и элементы одного исполнительного механизма снабжаются индивидуальными электродвигателями.

В ряде случаев электродвигатель крепится к исполнительному механизму с помощью фланца или встраивается внутрь корпуса функционального устройства.

Прогрессивным направлением развития ЭП, позволяющим повысить их технико-экономические показатели, является конструктивное объединение в одном устройстве электродвигателя, передаточного механизма, исполнительного механизма и элементов системы управления.

10.1.4. Режимы работы электроприводов. Основные характеристики

В зависимости от назначения и условий применения электродвигатели в ЭП могут работать в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах.

Для продолжительного режима характерна такая длительность работы, при которой температура деталей и узлов электродвигателя достигает установившегося значения. В кратковременном режиме за относительно малый период работы температура электродвигателя не достигает установившегося значения. Перерыв же в работе исполнительного механизма достаточен для того, чтобы двигатель успевал охладиться до температуры окружающей среды.

Повторно-кратковременный режим характеризуется рабочим периодом, который чередуется с паузами (остановка или работа в режиме холостого хода), причем ни в один из периодов работы температура электродвигателя не достигает установившегося значения, а во время снятия нагрузки электродвигатель не успевает охладиться до температуры окружающей среды.

Важным показателем повторно-кратковременного режима является отношение времени рабочей части каждого цикла ко всему периоду времени цикла. Этот показатель называется относительной продолжительностью работы (ПР) или относительной продолжительностью включения (ПВ).

Выбор конструктивного исполнения электродвигателя для ЭП производится с учетом отведенного для его размещения пространства, а также условий окружающей среды с целью защиты ЭП от воздействия пыли, влаги, вредных газов, паров топлива, масла, высокой температуры и т.д. При выборе типа электродвигателя для ЭП необходимо учитывать особенности механических характеристик как исполнительного механизма, так и электродвигателя.

Момент M_c сопротивления движению исполнительного механизма зависит исключительно от механических свойств механизма и может быть как постоянным, не зависящим от частоты вращения n (или

скорости перемещения рабочего органа), так и в той или иной степени определяться ею. Зависимость частоты вращения n рабочего органа от сопротивления движению называется механической характеристикой исполнительного механизма.

Вращающий момент электродвигателя M , определяемый электромагнитными процессами в нем, всегда уравнивается моментом сопротивления M_c , приложенным к валу якоря электродвигателя со стороны исполнительного механизма. При установившейся частоте вращения — это статический момент сопротивления M_c , который определяется моментом, создаваемым полезной нагрузкой, и суммарными потерями в исполнительном механизме. При изменении частоты вращения к моменту M_c добавляется динамическая составляющая, обусловленная изменением кинетической энергии движущихся частей ЭП. Очевидно, что частота вращения вала якоря системы электродвигатель — исполнительный механизм установится такой, при которой моменты на обеих механических характеристиках будут равны.

Частота вращения валов большинства электродвигателей в большей или меньшей степени снижается с увеличением вращающего момента. В зависимости от степени изменения частоты вращения при изменении вращающего момента механическая характеристика считается более жесткой или более мягкой.

Особенностью жесткой механической характеристики является незначительное изменение частоты вращения при изменении вращающего момента в пределах рабочей части характеристик.

Мягкие механические характеристики отличаются значительным изменением частоты вращения при изменении вращающего момента.

Различают естественную и искусственные характеристики электродвигателей.

Естественная характеристика электродвигателя соответствует основной паспортной схеме его включения и номинальным параметрам напряжения электроснабжения. На естественной характеристике располагается точка номинального режима работы электродвигателя. Естественная механическая характеристика электродвигателя — это лишь одна частная характеристика из бесчисленного множества искусственных характеристик, которые электродвигатель может иметь при статических и динамических режимах работы.

Искусственными называются механические характеристики электродвигателя при наличии внешних сопротивлений в цепи якоря, при ослабленном магнитном потоке или при изменении подводимого к

выводам электродвигателя напряжения. Поскольку эти характеристики получают с целью регулирования силы тока, вращающего момента и частоты вращения электродвигателя, то их также называют регулировочными.

Для многих исполнительных механизмов требуется регулирование частоты вращения (или скорости перемещения при поступательном движении рабочего органа). В ЭП регулирование частоты вращения электродвигателя обеспечивается в соответствии с задающим сигналом или по заранее заданной программе. Регулировать скорость вращательного или поступательного движения исполнительного механизма можно воздействием на электродвигатель, механическую передачу или на обе составляющие части ЭП одновременно.

Так называемый электрический способ регулирования скорости перемещения рабочего органа исполнительного механизма предусматривает воздействие на электродвигатель при неизменных параметрах механической передачи. Этот способ получил наибольшее распространение в ЭП благодаря большим регулировочным возможностям, простоте и удобству использования в общей схеме управления ЭП и экономичности. Таким образом, управление движением рабочих органов исполнительных механизмов в большинстве случаев достигается путем целенаправленного воздействия на электродвигатель при помощи его системы управления для получения соответствующих искусственных характеристик.

На рис. 10.2 приведены естественная механическая характеристика I электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов (с независимым электромагнитным возбуждением) и две искусственные: при введении в цепь якоря добавочного резистора (прямая 2) и уменьшении подводимого к якору напряжения (прямая 3). Переход на обе искусственные характеристики при моменте нагрузки M_c обес-

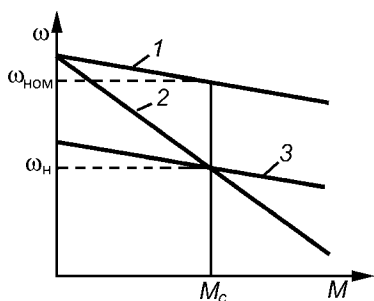


Рис. 10.2. Естественная и искусственные механические характеристики электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов (с независимым электромагнитным возбуждением)

печивает снижение угловой скорости вала якоря в электродвигателях с электромагнитным возбуждением до требуемого уровня $\omega_{дн}$.

Стабильность угловой скорости, характеризуемая степенью изменения угловой скорости при возможных колебаниях момента нагрузки на валу электродвигателя определяется жесткостью его механической характеристики. Чем больше жесткость характеристики, тем стабильнее угловая скорость. В примере на рис. 10.2 большая стабильность угловой скорости обеспечивается при искусственной механической характеристике 3.

В зависимости от способа воздействия на электродвигатель и вида получаемых искусственных характеристик угловая скорость его вала может увеличиваться или уменьшаться по сравнению с работой по естественной характеристике. Увеличение угловой скорости вала электродвигателя с электромагнитным возбуждением может быть обеспечено путем уменьшения магнитного потока.

При изменении направления действия вращающего момента электродвигателя, например вследствие изменения направления протекания тока в его обмотках, и сохранении неизменным направления вращения вала якоря, электродвигатель переходит на *генераторный режим работы*. Генераторный режим работы электродвигателя возможен или при замедлении (торможении), когда движение вала в том же направлении поддерживается за счет накопленной ранее кинетической энергии, или при движении под действием каких-либо внешних сил, приложенных к ЭП.

Двигательный режим характеризуется тем, что вращение вала якоря электродвигателя ЭП происходит в направлении действия его вращающего момента. При реверсировании электродвигателя одновременно изменяются и направление действия вращающего момента, и направление вращения вала, мощность электродвигателя положительна, вследствие чего этот режим также будет двигательным.

Электродвигатель проектируют таким образом, чтобы, работая по естественной характеристике с номинальными частотой вращения, силой тока, вращающим моментом и мощностью, он не нагревался выше определенной температуры, на которую рассчитана его изоляция.

При регулировании частоты вращения электродвигатель ЭП работает по искусственным характеристикам, т.е. в отличных от паспортных условиях. Поэтому для сохранения нормативного срока службы нагрузка электродвигателя должна быть такой, при которой сила протекающего тока не будет выше номинальной. Такая нагрузка называ-

ется *допустимой*: для одной группы двигателей равной номинальному моменту, а для другой – номинальной мощности электродвигателя. Следует отметить, что нагрев электродвигателя зависит также от условий его охлаждения (наличия вентиляции).

Для выбора наиболее рационального вида регулируемого ЭП используются различные технико-экономические показатели: капитальные затраты на изготовление, эксплуатационные расходы, срок окупаемости, надежность, удобство и простота в эксплуатации, серийность и унификация средств управления и т.д. В результате анализа всех возможных вариантов принимается экономически обоснованное решение.

10.1.5. Применение электроприводов на автомобилях и тракторах

Применение ЭП на автомобилях и тракторах неуклонно расширяется. Это связано с необходимостью повышения комфорта в салоне автомобиля и кабине трактора за счет перекалывания физических усилий тракториста, водителя и пассажиров на электромеханические функциональные устройства, т.е. на ЭП.

На автомобилях устанавливается большое число агрегатов и механизмов, для приведения в действие которых используются коллекторные электродвигатели постоянного тока мощностью 0,3–300 Вт. Они применяются в ЭП отопительных и вентиляционных установок, предпусковых подогревателей, вентиляторов охлаждения радиаторов двигателей, кондиционеров, систем стекло- и фароочистки, электробензонасосов, стеклоподъемников, электроусилителей рулевого управления, замков багажника и капота, систем выдвижения антенны, перемещения сидений, поворота зеркал заднего обзора электроблокировки замков дверей и т.д. Перспективны применение ЭП в антиблокировочных и противобуксовочных системах, более широкое использование приводных электродвигателей в системах комфорта и контроля.

Автотракторный ЭП как электромеханическая система, наряду с электродвигателем, включает в себя устройство для передачи механической энергии и аппаратуру для управления электродвигателем. Для передачи механической энергии в ЭП используются зубчатые, червячные редукторы, шатунно-кривошипные механизмы и электромагнитные муфты. Электродвигатель, редуктор, исполнительный механизм и элементы системы управления могут быть конструктивно объединены в одном устройстве. Электродвигатель, объединенный с ре-

дуктором, представляет собой моторедуктор. Объединенные в одном агрегате электродвигатель и насос образуют мотонасос.

В настоящее время на грузовых автомобилях устанавливается до 5–7, а на легковых — 8–10 и более электродвигателей.

В системах управления электродвигателями ЭП применяют выключатели и переключатели, электромагнитные реле, электрические датчики, предохранители и электронные устройства, в состав которых входят таймеры, блоки логических элементов, регуляторы, микропроцессоры.

Напряжение приводного электродвигателя обычно выбирается в соответствии с напряжением бортовой сети автомобиля и трактора. Исключение составляют стартерные электродвигатели номинальным напряжением 24 В в системах электростартерного пуска, работающие на автомобилях с номинальным напряжением бортовой сети 12 В (системы электрооборудования с двумя уровнями напряжения).

10.2. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ АВТОТРАКТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

10.2.1. Основные требования

В зависимости от назначения и условий эксплуатации к электродвигателям электропривода предъявляются различные требования в отношении режима работы, пусковых и рабочих характеристик.

К общим требованиям относятся: минимальные габаритные размеры, масса, металлоемкость и стоимость, работоспособность в широком диапазоне температур окружающей среды (от –60 до 80 °С), низкий уровень шума (не более 52–57 дБ на расстоянии 0,3 м), отсутствие радиопомех, высокая надежность, минимальные затраты на техническое обслуживание в эксплуатации.

Электродвигатели отопителей, вентиляторов, топливных насосов работают продолжительное время и могут развивать небольшой пусковой момент, но должны иметь высокий КПД. Электродвигатели омывателей стекол и фар, механизмов подъема стекол и антенны, блокировки дверей и регулирования положения сидений работают в кратковременном или повторно-кратковременном режимах, иногда с реверсированием, и должны обладать большим пусковым моментом и возможно малой электромеханической постоянной времени. Электродвигатели стеклоочистителей испытывают переменные нагрузки,

существенные перегрузки при работе и включении, поэтому их механические характеристики должны быть жесткими и обеспечивать определенную частоту вращения вала якоря при различных нагрузках. Электродвигатели предпусковых подогревателей должны надежно работать при низких температурах окружающей среды.

На автомобилях и тракторах применяются только электродвигатели постоянного тока с двумя способами возбуждения: электромагнитным и от постоянных магнитов. Электромагнитное возбуждение может быть последовательным, параллельным и смешанным. При последовательном электромагнитном возбуждении достигается высокая кратность пускового вращающего момента по отношению к номинальному. Параллельное электромагнитное возбуждение или независимое возбуждение от постоянных магнитов обеспечивают необходимую жесткость механической характеристики; частота вращения валов этих электродвигателей мало зависит от нагрузки.

В реверсивных электродвигателях с электромагнитным возбуждением используются две обмотки возбуждения, катушки которых намотаны таким образом, что создают направленные в противоположные стороны магнитные потоки. Каждая обмотка рассчитана на одно направление вращения. Благодаря независимому возбуждению все электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов могут быть реверсивными, что позволяет сократить их номенклатуру.

Двухскоростные электродвигатели со смешанным электромагнитным возбуждением имеют отдельные выводы для последовательной и параллельной обмоток возбуждения. Для того чтобы обеспечить вращение вала якоря с большей частотой, в цепь параллельной обмотки возбуждения вводится дополнительный резистор. Сила тока возбуждения уменьшается, что сопровождается уменьшением магнитодвижущей силы обмоток возбуждения и магнитного потока в магнитной системе электродвигателя.

Частота вращения вала якоря электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов регулируется с помощью присоединяемой к источнику электроэнергии дополнительной третьей щетки. Третья щетка устанавливается между двумя основными щетками. Частота вращения вала электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов зависит от числа проводников обмотки якоря. При подаче напряжения на третью щетку число активных проводников уменьшается, и частота вращения возрастает.

КПД электродвигателей автомобильного ЭП зависит от их мощности, но обычно не превышает 60 %.

10.2.2. Электродвигатели с электромагнитным возбуждением

Электродвигатели малой мощности (до 60 Вт) выполняют двухполюсными. Пакет якоря *1* (рис. 10.3) электродвигателя и коллектор *8* закреплены на валу *16*, который вращается в самоустанавливающихся подшипниках *7* и *15* скольжения из порошкового материала. Левый подшипник *7* установлен в крышке *2*, правый подшипник *15* – в корпусе *11*. Подшипники смазываются маслом, которым пропитана фетровая набивка *6*. В крышке и корпусе подшипники удерживаются и центрируются пластинчатыми пружинами *5* и *14*.

Статор с полюсами *12*, на которых закреплены катушки *13* обмотки возбуждения, прикреплен к внутренней поверхности корпуса *11*.

Шихтованные пакеты статора и якоря набраны из стальных пластин толщиной 0,6–1,0 мм для уменьшения потерь на вихревые токи и перемагничивание.

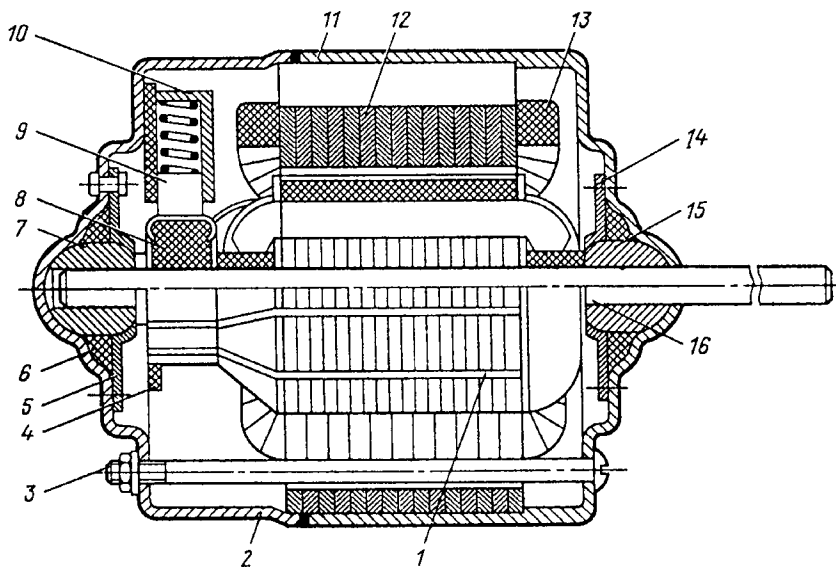


Рис. 10.3. Электродвигатель с электромагнитным возбуждением:

1 якорь; *2* крышка; *3* винт; *4* траверса; *5*, *14* пластинчатые пружины; *6* фетровая набивка; *7*, *15* подшипники; *8* коллектор; *9* щетка; *10* щеткодержатель; *11* – корпус; *12* – пакет статора; *13* – обмотка возбуждения; *16* выходной вал

Секции петлевой обмотки якоря выведены на коллектор 8, к которому пружинами прижимаются щетки 9. Коробчатые щеткодержатели закреплены на траверсе 4.

Коллектор может быть выполнен из медной полосы с последующей опрессовкой пластмассой и фрезерованием для получения отдельных коллекторных пластин. Применяют также коллекторы, изготовленные из медных труб с ребрами на внутренней поверхности, за которые пластины коллектора после их фрезерования удерживает пластмассовая втулка. Число коллекторных пластин равно числу пазов якоря.

В электродвигателях как с электромагнитным возбуждением, так и с возбуждением от постоянных магнитов применяются электрощетки марок М1, 96, 961, ЭГ51 с размерами: $6 \times 6 \times 10$, $7,5 \times 7 \times 10$ и $7 \times 8 \times 17$ мм.

У электродвигателей мощностью более 100 Вт корпус изготовлен из полосовой малоуглеродистой стали или из трубы. На корпусе винтами закреплены полюса с катушками обмотки возбуждения. Вал якоря установлен в подшипниках, расположенных в крышках. Крышки стянуты между собой болтами. Стабильную работу щеток в щеточно-коллекторном узле обеспечивают реактивные щеткодержатели.

Схемы электродвигателей с электромагнитным возбуждением приведены на рис. 10.4. Для присоединения электродвигателей к бортовой сети

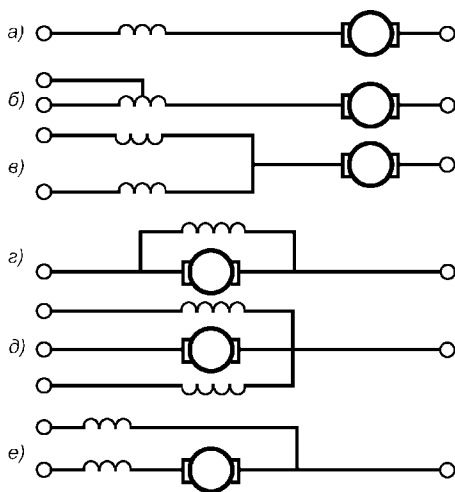


Рис. 10.4. Схемы электродвигателей с электромагнитным возбуждением:

а — последовательное возбуждение (ПСВ); *б* — ПСВ с регулируемой частотой вращения; *в* — ПСВ реверсивного двигателя; *г* — параллельное возбуждение (ПРВ); *д* — ПРВ реверсивного двигателя; *е* — смешанное возбуждение

электрооборудования автомобиля используются изолированные от корпуса выводы или выведенные наружу гибкие провода с наконечниками. У ряда электродвигателей вторым токопроводом может быть корпус.

10.2.3. Электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов

Электродвигатели с электромагнитным возбуждением вытесняются более перспективными электродвигателями с возбуждением от постоянных магнитов. В общем количестве электродвигателей по номенклатуре электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов составляют более 90 %.

При применении для возбуждения постоянных магнитов упрощается конструкция электродвигателей, уменьшается в 1,5–2,0 раза расход меди, на 10–12 % повышается КПД. Упрощается схема внутренних соединений. При равной мощности уменьшаются сила потребляемого тока и рабочая температура нагрева. Срок службы повышается до 250–300 тыс. км пробега автомобиля.

Электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов отличаются тем, что у них отсутствует пакет статора с обмоткой возбуждения, вместо которой используются постоянные магниты, закрепляемые на корпусе пластинчатыми пружинами или приклеиваемые. Постоянные магниты в электродвигателях омывателей стекол вместе с магнитопроводом заливаются пластмассой.

На рис. 10.5 показано устройство электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов, предназначенного для отопителей. Постоянные магниты 2 закреплены на корпусе 12 пружинами 10. Крышка 8 прикреплена к корпусу винтами, которые вворачиваются в крепежные пластины 9, расположенные в пазах корпуса. В корпусе и крышке установлены подшипники 1 и 5 из порошкового материала, в которых вращается вал якоря 11. Все щеткодержатели 3 находятся на траверсе 7, изготовленной из изоляционного материала. Траверса закреплена на крышке 8. Щетки 4, по которым ток подводится к коллектору 6, размещены в щеткодержателях 3 коробчатого типа. Коллекторы так же, как и в электродвигателях с электромагнитным возбуждением, штампуются из медной ленты с последующей опрессовкой пластмассой или из трубы с продольными пазами на внутренней поверхности.

Крышки и корпус изготавливают цельнотянутыми из листовой стали. У электродвигателей стеклоомывателей крышка и корпус могут быть изготовлены из пластмассы.

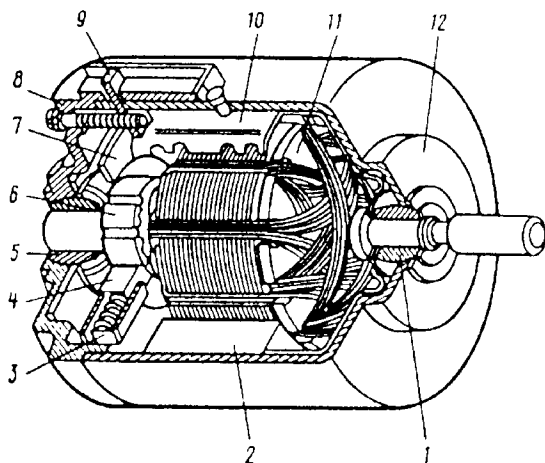


Рис. 10.5. Электродвигатель отопителя:

1 и 5 — подшипники скольжения; 2 — постоянный магнит; 3 — щеткодержатель; 4 — щетка; 6 — коллектор; 7 — траверса; 8 — крышка; 9 — крепежная пластина; 10 — пружина; 11 — якорь; 12 — корпус

Конструкция электродвигателя 45.3730 ЭП вентилятора отопителя, предназначенного для автомобилей ВАЗ-2108, ВАЗ-2109 и ИЖ-2126 показана на рис. 10.6. Мощность электродвигателя 90 Вт. Крайние изоляционные пластины 15 пакета якоря 12 выполняются из пластмассы (полиамид ПА-66) как одно целое со втулкой для защиты от замыкания лобовых частей обмотки якоря на пакет якоря и вал. В электродвигатель встроена катушка индуктивности 9 (дрессель) для подавления радиопомех.

В электродвигателях автомобильного электропривода используются изотропные 6БИ240, М6БИ230Ж и анизотропные 24БА210, 18БА220 и 14БА255 магниты из гексаферрита бария (табл. 10.1). Остаточная магнитная индукция у магнитов 6БИ240, 18БА220 и 24БА210 составляет соответственно 0,19; 0,33 и 0,37 Тл. Коэрцитивная сила магнитов указана в маркировке (последние цифры, кА).

Постоянные магниты типов 1 и 2 применяются обычно в электродвигателях насосов омывателей стекол и заливаются в пластмассовый корпус, типов 3—6 — прикрепляются к корпусу плоскими пружинами или приклеиваются.

Характеристикой магнита, используемой при расчете электродвигателя, является кривая его размагничивания (рис. 10.7). Кривая размагни-

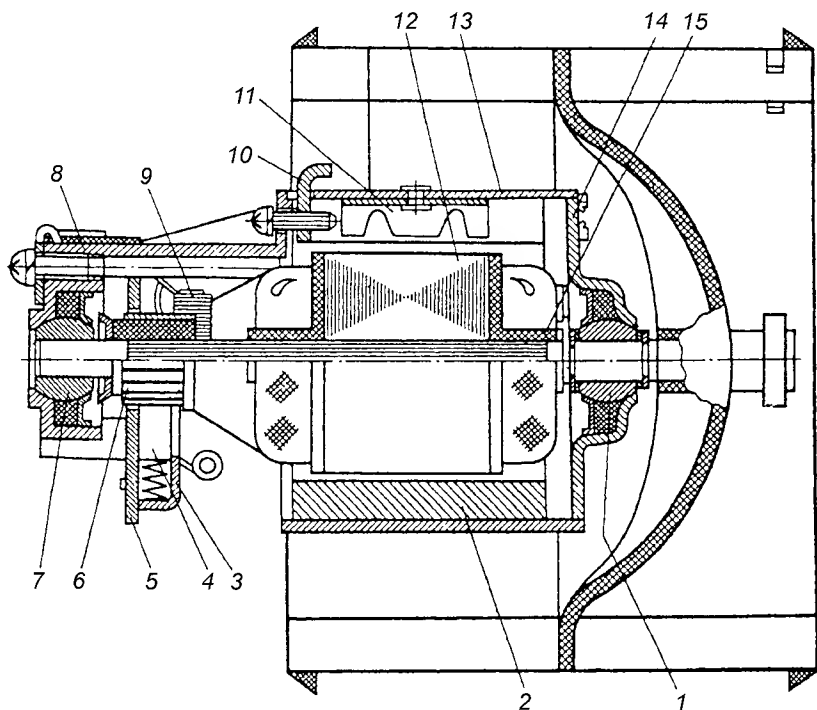
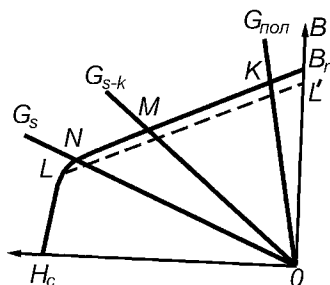


Рис. 10.6. Электродвигатель 45.3730 с возбуждением от постоянных магнитов:

1, 7 подшипники; 2 постоянный магнит; 3 щеткодержатель; 4 — щетка; 5 — траверса; 6 коллектор; 8, 14 крышки; 9 дроссель; 10 крепежная пластина; 11 пружина крепления магнита; 12 якорь; 13 корпус; 15 крайняя изоляционная пластина якоря

Рис. 10.7. Кривая размагничивания магнита:

B_r остаточная индукция; H_c коэрцитивная сила; ON линия проводимости G_s рассеяния для магнита в свободном состоянии; OM линия проводимости G_{s-k} внешней цепи для магнита в сборе с корпусом; OK линия проводимости $G_{пол}$ внешней цепи для магнита в сборе с электродвигателем (без учета насыщения); LL' — кривая возврата; K, M, N — рабочие точки



Магниты из гексаферрита бария для электродвигателей автомобильного электропривода

Магнит	Эскиз	Тип	Размеры магнита, мм			
			R	h	l	b
Изотропный 6БИ240		1	14,7	4,3	15	
		2	24,5	5	30	
Анизотропный: 24БА210 24БА210 18БА220		3	29	7,7	15	51,6
		4	29	7,7	31	51,6
		5	35,5	7,7	30	64
Анизотропный 14БА255		6	54	7	31	—

чивания — это часть петли гистерезиса, находящаяся во II квадранте. Свойства магнитного материала определяются значениями остаточной индукции B_r и коэрцитивной силы H_c . Полезный поток, создаваемый магнитом в магнитной цепи, не является постоянным, а зависит от внешних размагничивающих факторов. Рабочая точка N магнита вне системы электродвигателя, рабочая точка M магнита в сборе с корпусом и рабочая точка K магнита у электродвигателя в сборе различны. Для большинства магнитов процесс размагничивания необратим, так как возврат из точки с меньшей индукцией в точку с большей индукцией (например, при разборке и последующей сборке электродвигателя) происходит по кривым возврата, не совпадающим с кривой размагничивания.

Существенным преимуществом магнитов из гексаферрита бария, помимо их относительной дешевизны, является совпадение в определенных пределах кривых возврата и размагничивания. Если воздействие внешних размагничивающих факторов таково, что рабочая точка N магнита перемещается за точку перегиба кривой размагничивания, то возврат в точку K уже невозможен, и рабочей точкой во вновь собранном электродвигателе будет уже точка K_1 с меньшей индукцией. Поэтому при разработке электродвигателей с постоянными магнитами очень важен правильный выбор объема электромагнита, обеспе-

чивающего не только заданный рабочий режим электродвигателя, но и стабильность рабочей точки при воздействии максимально возможных размагничивающих факторов.

С точки зрения лучшего использования электрической машины и экономии меди желательным является применение материалов с лучшими магнитными свойствами. Однако, с другой стороны, к магнитным материалам предъявляются высокие требования по стабильности магнитных свойств при воздействии различных размагничивающих факторов, по механической прочности и себестоимости.

Все большее распространение в электродвигателях автомобильных электроприводов получает магнитный материал на основе соединения неодим—железо—бор (Nd—Fe—B) с очень высокими магнитными свойствами, превышающий по своим показателям магнитные сплавы типа алюминий—никель—кобальт (Al—Ni—Co) и даже самарий—кобальт (Sm—Co).

Применение магнитов из материала неодим—железо—бор, сочетающих высокую коэрцитивную силу и наибольшую для известных магнитов магнитную энергию, в электродвигателях постоянного тока позволяет снизить на 20—25 % расход меди и примерно на 30 % улучшить массо-габаритные показатели электромеханических систем автомобильного и тракторного электропривода.

Отечественной промышленностью выпускаются электродвигатели мощностью 5, 10, 25, 40, 90, 110, 200 Вт и более. Около 95 % общего выпуска составляют электродвигатели мощностью от 5 до 40 Вт. Конкретные значения мощности выпускаемых электродвигателей в перечисленном ряде мощностей могут варьироваться в определенных пределах.

Частота вращения вала электродвигателей колеблется в широких пределах 1500—9000 мин⁻¹. Большинство электродвигателей рассчитано на частоту вращения 3000 мин⁻¹. У отдельных типов электродвигателей частота вращения находится в пределах 7000—8000 мин⁻¹.

Специфические требования к некоторым электродвигателям предъявляются в зависимости от места установки, компоновки их в электроприводе и режимов эксплуатации автомобиля и трактора. Многообразие требований привело к созданию большого количества электродвигателей.

10.2.4. Моторедукторы. Мотонасосы

Моторедукторы используются в очистителях ветрового и заднего стекол автомобиля, в фарочистителях, в стеклоподъемниках и в электроприводе блокировки дверей.

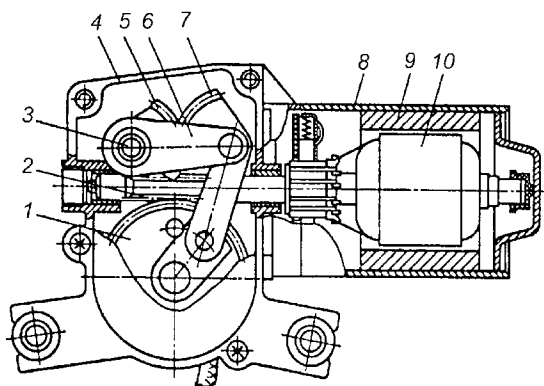


Рис. 10.8. Моторредуктор 47.3730 очистителя заднего стекла:

1 — зубчатое колесо; 2 — червяк; 3 — выходной вал; 4 — корпус редуктора; 5 и 7 — зубчатые секторы; 6 — серьга; 8 — корпус электродвигателя; 9 — постоянный магнит; 10 — якорь

В конструкцию моторредуктора (рис. 10.8) входит электродвигатель с постоянным магнитом 9 и якорем 10. Вал электродвигателя удлинён и заканчивается нарезкой червяка 2 редуктора. Электродвигатель не имеет крышки со стороны коллектора. Ее заменяет стенка корпуса 4 редуктора. Ведомая шестерня червячного редуктора через закреплённый на нём палец приводит в действие кривошипно-шатунный механизм, который преобразует вращательное движение ведомого зубчатого колеса червячного редуктора в колебательное движение выходного вала 3, соединённого с рычагом щетки стеклоочистителя. Кривошипно-шатунный механизм состоит из пластин с зубчатыми секторами 5 и 7, которые обеспечивают угол качания щетки стеклоочистителя в пределах 130° .

В моторредукторе размещены концевой выключатель, обеспечивающий укладку щеток в крайнее положение при выключении электродвигателя, и биметаллический предохранитель, защищающий электродвигатель от перегрузки. Контактный диск концевого выключателя с прорезью устанавливается на ведомом зубчатом колесе редуктора. Когда небольшая щетка, скользящая по торцу контактного диска попадает в его прорезь, цепь электроснабжения размыкается, и электродвигатель останавливается.

Детали моторредуктора очистителя ветрового стекла автомобиля ВАЗ-2110 показаны на рис. 10.9.

В малогабаритных моторредукторах фароочистителей (рис. 10.10) червячный редуктор заменен многоступенчатым цилиндрическим

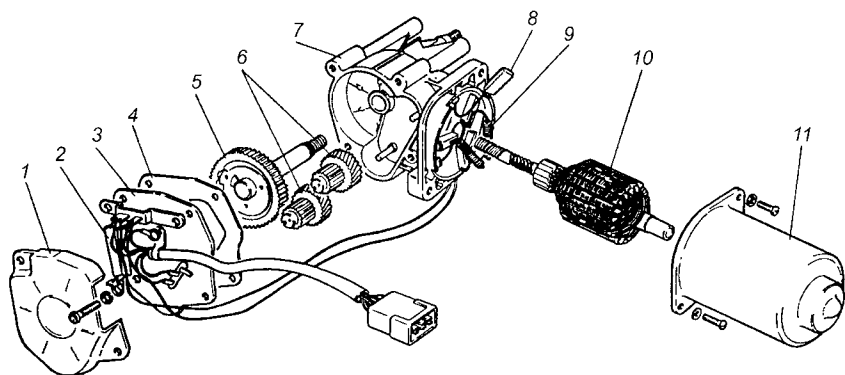


Рис. 10.9. Детали моторедуктора очистителя ветрового стекла:

1 — крышка; 2 — помехоподавительный конденсатор; 3 — панель с контактами концевого выключателя; 4 — прокладка; 5 — зубчатое колесо с выходным валом моторедуктора; 6 — промежуточные зубчатые колеса; 7 — корпус редуктора; 8 — термобиметаллический предохранитель; 9 — помехоподавительный дроссель; 10 — якорь; 11 — корпус электродвигателя

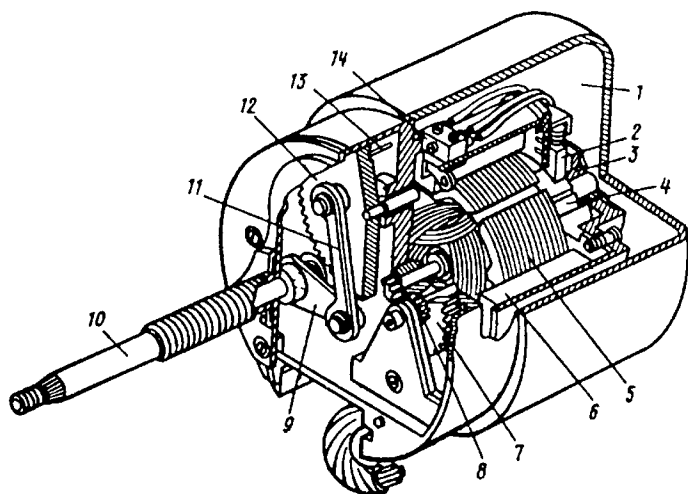


Рис. 10.10. Малогабаритный моторедуктор 221.3730 фарочистителя:

1 — корпус; 2 — щетка электродвигателя; 3 — подшипник; 4 — коллектор; 5 — якорь; 6 — постоянный магнит; 7 — ведомое зубчатое колесо первой ступени редуктора; 8 — ведущее зубчатое колесо второй ступени редуктора; 9 — поводок; 10 — выходной вал; 11 — шатун; 12 — ведомое зубчатое колесо второй ступени редуктора; 13 — шток; 14 — выключатель

редуктором, выходной вал *10* которого параллелен валу электродвигателя. Вращательное движение зубчатого колеса редуктора преобразуется в колебания выходного вала *10* двухзвенным кривошипно-шатунным механизмом, состоящим из шатуна *11* и поводка *9*.

Для очистки фары круглой формы необходим угол колебания щетки 60° , для очистки фары прямоугольной формы — в пределах 45° . Моторедуктор в системе очистки прямоугольных фар имеет однозвенный кривошипно-шатунный механизм.

Цепь электроснабжения электродвигателя для автоматической укладки щетки в заданном положении разрывается концевым выключателем *14*, когда его шток попадает в углубление на зубчатом колесе редуктора. Редуктор и электродвигатель размещены в одном корпусе.

Моторедукторы многих типов не имеют кривошипно-шатунного механизма. В этом случае вращательное движение вала электродвигателя преобразуется в колебательное движение щетки ее рычажным механизмом.

Конструкция моторедуктора стеклоподъемника (рис. 10.11) и возможность его размещения в ограниченной по размерам зоне расположения механизма подъема стекла зависят от габаритных размеров приводного электродвигателя, а следовательно, от его быстроходности.

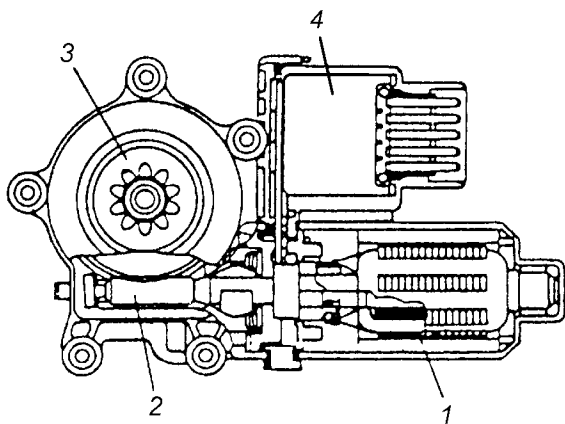


Рис. 10.11. Моторедуктор стеклоподъемника:

1 — электродвигатель; *2* — червяк; *3* — зубчатое колесо; *4* — блок управления

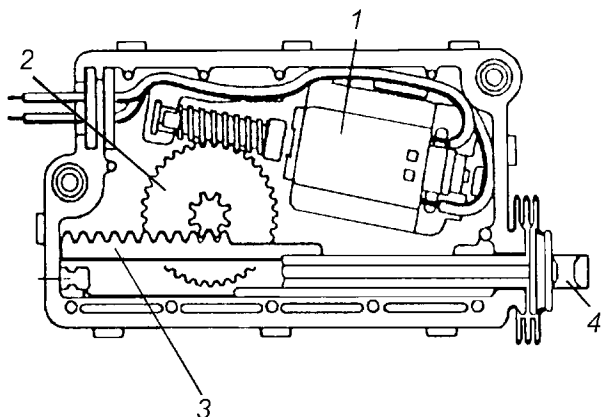


Рис. 10.12. Моторедуктор блокировки замков дверей:

1 электродвигатель; 2 ведомое зубчатое колесо червячного редуктора; 3 зубчатая рейка; 4 передвижной шток

Для повышения частоты вращения вала электродвигателя в моторедукторе стеклоподъемника в дополнение к червячному редуктору применяют промежуточный одно- или многоступенчатый понижающий редуктор с большим передаточным числом.

Если габаритные размеры электродвигателя не позволяют разместить его в зоне расположения механизма подъема стекла, то в этой зоне устанавливается только червячный редуктор, вал которого приводится во вращение от вала электродвигателя гибким валиком, струной или каким-либо иным способом.

Конструкция моторедуктора блокировки замков дверей с реверсивным электродвигателем 1, редуктором и зубчатой рейкой 3 приведена на рис. 10.12. В моторедукторе применяется электродвигатель постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов. На выходном валу моторедуктора расположено зубчатое колесо, которое через зубчатую рейку 3 осуществляет в зависимости от направления вращения вала электродвигателя блокировку или разблокировку дверного замка с помощью передвижного штока 4. В моторедуктор может быть встроено устройство коммутации цепи управления моторедуктором.

Мотонасос (рис. 10.13) объединяет в одной общей конструкции электродвигатель и жидкостный насос. Пластмассовая крыльчатка 4 центробежного насоса закреплена на валу электродвигателя 1. Внут-

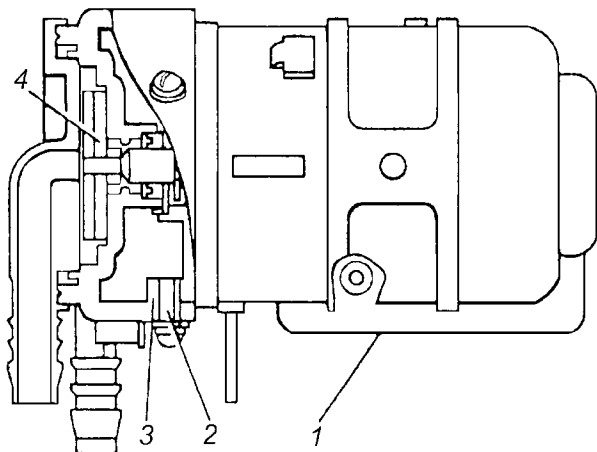


Рис. 10.13. Мотонасос 2002.3730:

1 – электродвигатель; 2 – крепежный винт; 3 – корпус насоса; 4 – крыльчатка

рентня полость электродвигателя защищена от попадания влаги резиновой манжетой.

Обычно мотонасосы работают в кратковременном или повторно-кратковременном режиме.

10.3. ЭЛЕКТРОПРИВОД В СИСТЕМАХ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, КОМФОРТА И УДОБСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

10.3.1. Электропривод антенн

В системах ЭП антенн (рис. 10.14) применяют двухполюсный реверсивный электродвигатель 22 с последовательным электромагнитным возбуждением. Для обеспечения одного направления вращения электродвигателя при подъеме или опускании антенны переключателем к источнику электроснабжения подключается только одна из двух катушек обмотки возбуждения 16. При включении в электрическую цепь якоря второй катушки изменяется направление магнитного потока в магнитопроводе при том же направлении тока в проводниках обмотки якоря, поэтому якорь будет вращаться в другую сторону.

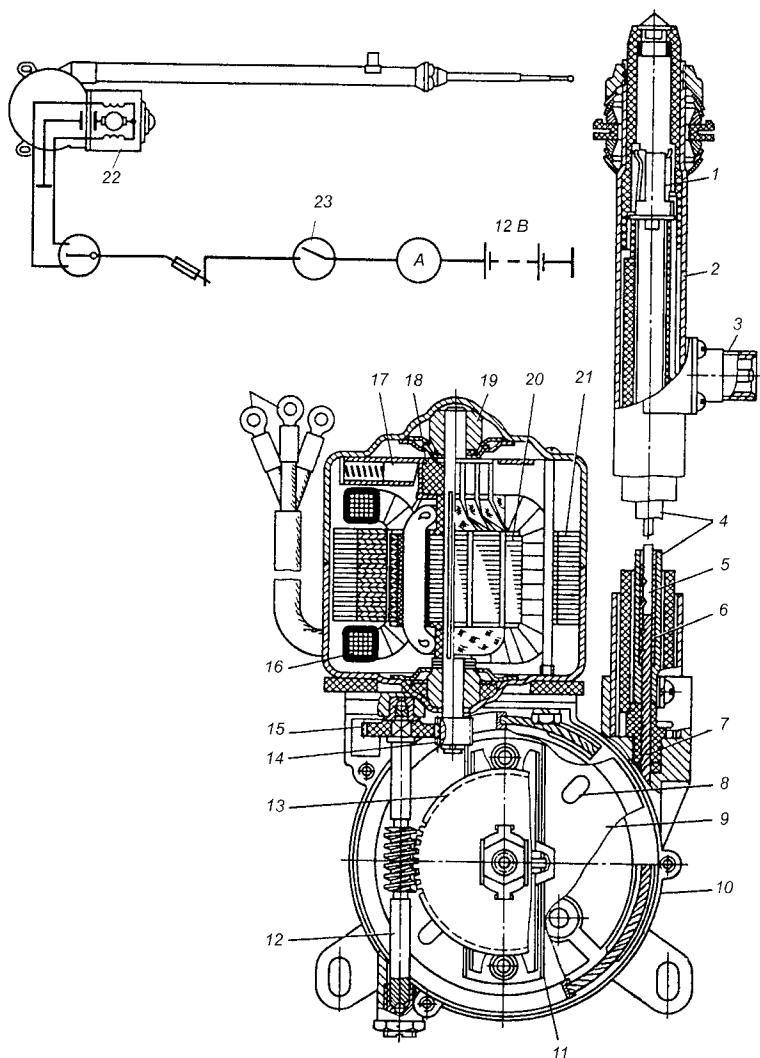


Рис. 10.14. Электропривод антенны и схема его подключения:

1 — контакт; 2 — экранирующая труба; 3 — зажим антенны; 4 — средний штырь; 5 — верхний штырь; 6 — соединительная трубка; 7 — пластмассовый торсион; 8 — упор; 9 — ведущий диск; 10 — корпус; 11 — ведущая пластина; 12 — червяк; 13 — червячное колесо; 14 — ведущее зубчатое колесо; 15 — ведомое зубчатое колесо; 16 — обмотка возбуждения электродвигателя; 17 — щетка; 18 — коллектор; 19 — подшипник якоря; 20 — якорь; 21 — статор; 22 — электродвигатель; 23 — выключатель зажигания

10.3.2. Электропривод вентилятора системы охлаждения двигателя

Для привода вентилятора системы охлаждения двигателя применяют электродвигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов (рис. 10.15). Один конец вала якоря вращается в подшипнике скольжения, втулка 8 которого находится в крышке 4, привернутой к корпусу 2 электродвигателя с помощью стяжных болтов 1. Второй конец вала якоря, на котором закреплена крыльчатка вентилятора, вращается в подшипнике, установленном в корпусе 2. Щеточный узел с щеткой 9, привернутый к крышке 4 болтами 7, закрыт кожухом 5. Электродвигатель не нуждается в техническом обслуживании.

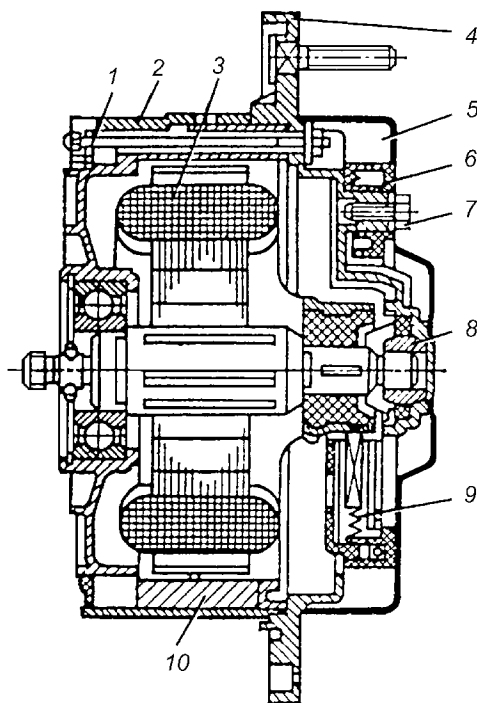


Рис. 10.15. Электродвигатель вентилятора системы охлаждения двигателя:

1 — стяжной болт; 2 — корпус; 3 — якорь; 4 — крышка; 5 — кожух; 6 — щеткодержатель; 7 — болт крепления щеткодержателя; 8 — втулка подшипника якоря; 9 — щетка; 10 — постоянный магнит

На автомобилях ВАЗ-2110, -2111, -2112 электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов включается датчиком типа 9030330, который ввертывается в правый бачок радиатора. Температура замыкания контактов датчика 99 ± 2 °С, а размыкания 94 ± 2 °С. На автомобилях, оборудованных электронной системой впрыска топлива, электродвигатель вентилятора системы охлаждения двигателя включается контроллером электронной системы впрыскивания. В этом случае датчик в радиаторе не устанавливается.

10.3.3. Электропривод в системах отопления и вентиляции

Система отопления и вентиляции предназначена для поддержания оптимального температурного режима в салоне легкового автомобиля или в кабинах грузового автомобиля и трактора при изменении температуры окружающего воздуха.

Электровентиляторы обдува и обогрева ветрового и заднего стекол, обогрева и вентиляции салона или кабины оснащаются электродвигателями с возбуждением от постоянных магнитов МЭИ, МЭ236, МЭ250, МЭ255, 45.3730, 51.3730, 511.3730 и др.

Кроме электродвигателей к электрооборудованию системы отопления и вентиляции относятся дополнительные резисторы и переключатели.

Схема включения электродвигателя вентилятора отопителя и элемента обогрева заднего стекла легкового автомобиля приведена на рис. 10.16. При замыкании контактов выключателя 9 напряжение подается на обмотку реле 4 (К10) включения обогрева заднего стекла и контрольной лампы. При замыкании контактов реле 4 к бортовой сети электрооборудования автомобиля подключается также нагревательный элемент 7 обогрева заднего стекла. Реле 4 установлено в монтажном блоке 3 реле и предохранителей.

На грузовых автомобилях КамАЗ система отопления и вентиляции кабины включает в себя два электродвигателя МЭ250, используемых также на автомобилях КраЗ, УралАЗ и автобусах ЛАЗ, реле электродвигателей 11.3747, 11.3747.10, 11.3747.010 и других модификаций и клавишный переключатель А147-01.11, с помощью которого водитель управляет режимами работы электродвигателей. Электродвигатели работают в двух режимах в зависимости от положения клавишного переключателя, который соединяет их последовательно или параллельно.

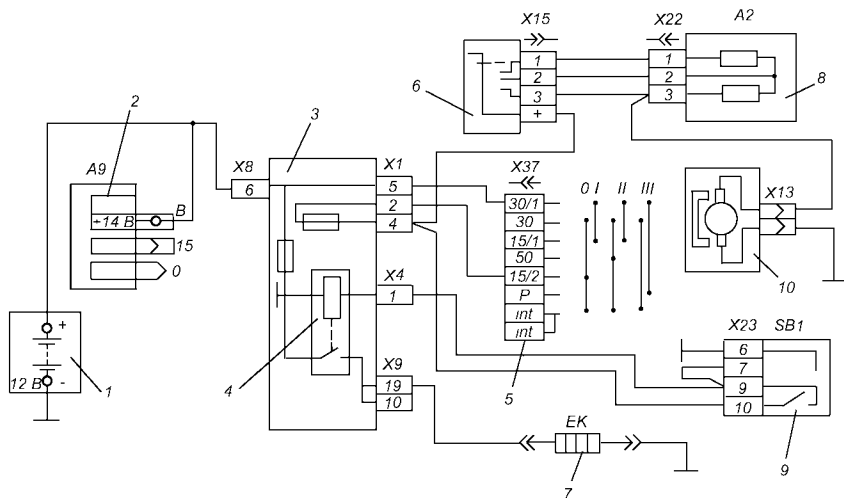


Рис. 10.16. Схема включения вентилятора отопителя и элемента обогрева заднего стекла: 1 – аккумуляторная батарея; 2 – генератор; 3 – монтажный блок реле и предохранителей; 4 – реле включения обогрева заднего стекла; 5 – выключатель зажигания; 6 – переключатель отопителя; 7 – элемент обогрева заднего стекла; 8 – дополнительный резистор; 9 – выключатель обогрева заднего стекла; 10 – электродвигатель отопителя; X1, X4, X8, X9, X12, X13, X15, X22, X23, X37 – штекерные выводы

К источнику тока электродвигатели 1 (рис. 10.17) подключаются через предохранитель 4, рассчитанный на силу тока 10 А. Напряжение на обмотку реле 2 электродвигателей подается от вывода "КЗ" выключателя 6 приборов и стартера через предохранитель 5, рассчитанный на силу тока 7,5 А. Поэтому электродвигатели можно включить клавишным переключателем 3 только после перевода выключателя приборов и стартера в положения "1" или "2".

При включенном выключателе 9 массы напряжение от аккумуляторных батарей 10 через амперметр 7 подается на вывод "АМ" выключателя приборов и стартера и далее на вывод "30" реле 2 электродвигателей. В положениях "1" и "2" выключателя приборов и стартера с его вывода "КЗ" через предохранитель 5 на силу тока 7,5 А напряжение подается на вывод "85" обмотки реле 2. Реле срабатывает, и через замкнутые контакты реле 2 соединяются его выводы "30" и "87". Далее с вывода "87" реле через предохранитель 4 (10 А) напряжение подается на выводы "80Б" и "80Е" верхнего по схеме электродвигателя 1 и вывод "80Е" переключателя 3 электродвигателей.

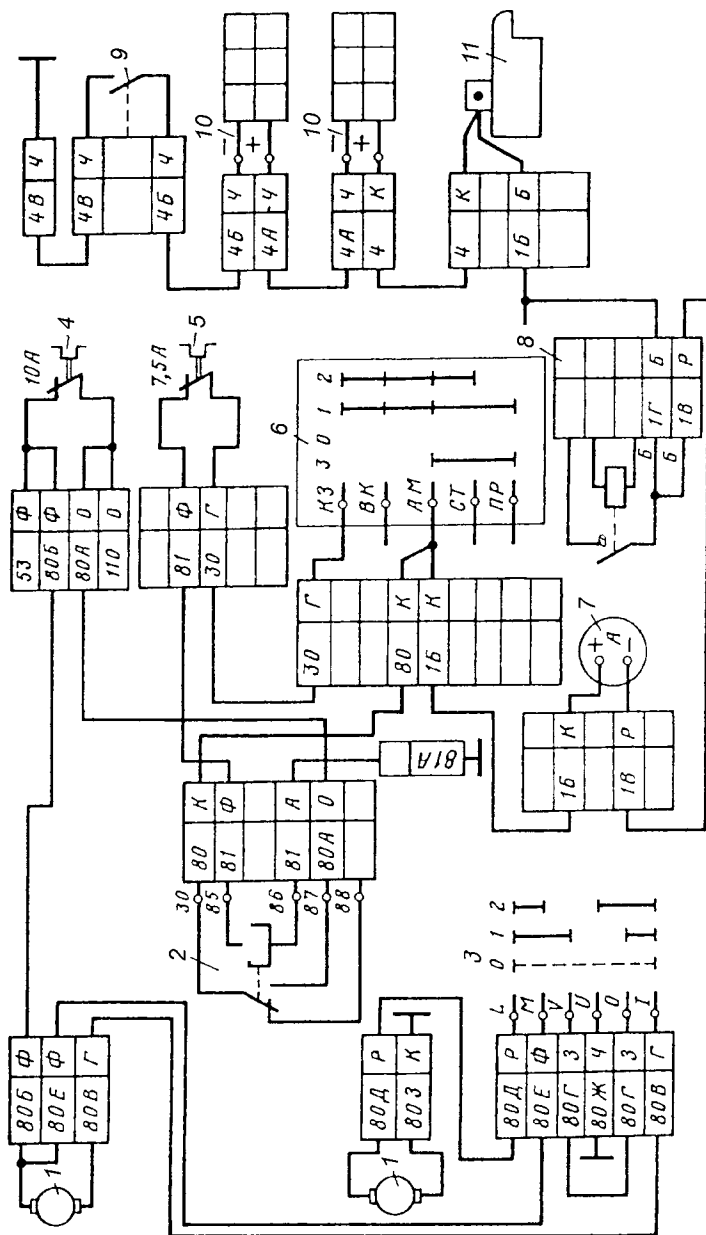


Рис. 10.17. Схема системы отопления и вентиляции автомобиля КамАЗ:

1 — электродвигатель отопителя; 2 — реле электродвигателей отопителя; 3 — переключатель электродвигателей отопителей; 4, 5 — предохранители; 6 — выключатель приборов и стартера; 7 — амперметр; 8 — реле включения стартера; 9 — выключатель массы; 10 — аккумуляторные батареи; 11 — электростартер

Если установить переключатель 3 в положение "1", замыкаются его выводы "80В", "80Г" и "80Д". Электродвигатели соединяются последовательно относительно бортовой сети электрооборудования автомобиля и работают с малой частотой вращения, так как к каждому электродвигателю подводится примерно половина напряжения бортовой сети. Ток в электродвигатели поступает по электрической цепи: положительный вывод аккумуляторных батарей 10, вывод "Б" реле 8 включения электростартера 11 — амперметр 7 — вывод "АМ" выключателя 6 приборов и стартера — замкнутые выводы "30" и "87" реле 2 — предохранитель 4 — вывод "80Б" электродвигателя 1 (верхнего по схеме) — выводы "80В" электродвигателя и переключателя 3 — выводы "80Г" и "80Д" переключателя 3 — вывод "80Д" электродвигателя 1 (нижнего по схеме) — корпус ("масса") автомобиля — выключатель 9 "массы" — отрицательный вывод аккумуляторных батарей 10.

При переводе переключателя 3 в положение "2" между собой соединяются его выводы "80Д" и "80Е", "80В" и "80Ж", что обеспечивает параллельное подключение электродвигателей к бортовой сети. В этом случае к каждому электродвигателю подводится полное напряжение бортовой сети, и они работают с большей частотой вращения вала якоря.

Оба электродвигателя с вентиляторами нагнетают воздух в кабину через радиатор отопителя. Радиатор включен в систему охлаждения двигателя через запорный клапан, который управляется рычагом из кабины. Если кран открыт, электровентиляторы подают в кабину теплый воздух. При закрытом кране радиатора электровентиляторы нагнетают в кабину холодный воздух, т.е. система отопления и вентиляции работает в режиме вентиляции.

Регулировать температуру поступающего в кабину воздуха можно не только за счет изменения скоростных режимов работы электродвигателей, но и с помощью крана радиатора отопителя. В зимних условиях при работающих вентиляторах не рекомендуется закрывать кран полностью во избежание замерзания воды в радиаторе.

На автомобилях ВАЗ-2110, -2111 и 2112 для обеспечения заданной температуры в салоне применяется система автоматического управления отопителем.

Системой управляет контроллер 3 (рис. 10.18), имеющий две рукоятки управления. Левая рукоятка является задатчиком температуры. Желаемая температура в салоне задается в пределах 16—28 °С. В крайних положениях рукоятки задатчика температуры, обозначенных синей и красной точками, заслонка отопителя полностью закрывается

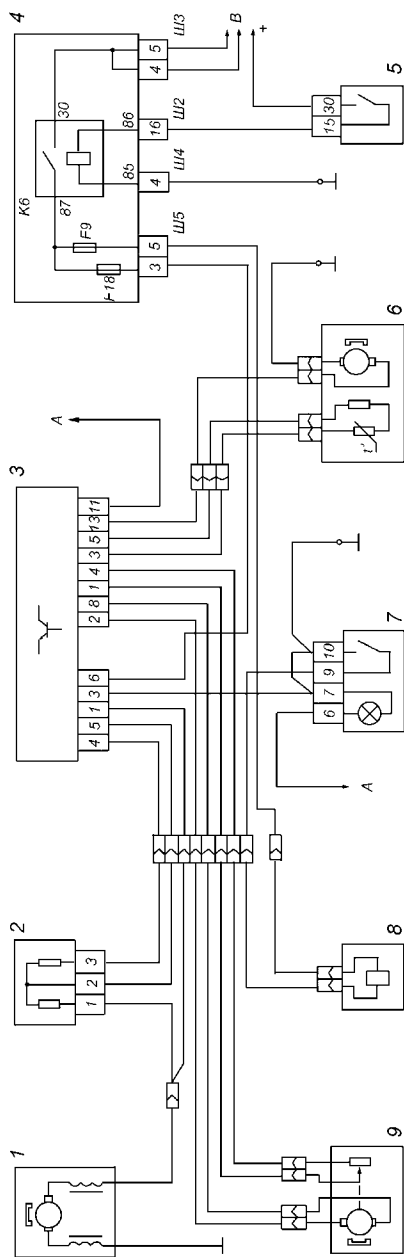


Рис. 10.18. Схема автоматического управления отопителем:

1 – электродвигатель вентилятора; 2 – дополнительный резистор; 3 – контроллер; 4 – блок реле и предохранителей; 5 – выключатель зажигания; 6 – датчик температуры воздуха в салоне; 7 – выключатель рециркуляции воздуха; 8 – клапан рециркуляции воздуха; 9 – микромоторедуктор привода заслонки отопителя; А – к выключателю освещения приборов; В – к источнику питания; Ш2–Ш5 – штекерные разъемы

или открывается, обеспечивая соответственно подачу холодного или горячего воздуха. Правой рукояткой устанавливается режим работы электроventилиатора: 0 — ventилиатор выключен; I — большая частота вращения вала ventилиатора; II — меньшая частота вращения вала ventилиатора; A — автоматическое управление ventилиатором.

В контроллер 3 поступает информация от датчика 6 температуры воздуха в салоне, встроенного в малогабаритный ventилиатор, и от датчика положения вала моторедуктора привода заслонки отопителя. На основе информации датчиков и заданной температуры контроллер управляет положением заслонки отопителя, воздействуя на моторедуктор привода заслонки.

В положении A рукоятки переключателя режимов работы электроventилиаторов контроллер управляет частотой вращения вала электродвигателя 1 привода ventилиатора в зависимости от разности текущей температуры воздуха в салоне и заданной температуры. Для ускоренного прогрева воздуха в салоне выключателем 7 включается клапан 8 рециркуляции, который перекрывает доступ в салон наружного воздуха. В этом случае через отопитель циркулирует только воздух салона.

Частота вращения вала электродвигателя 1 с постоянными магнитами регулируется с помощью дополнительного резистора 2 с двумя спиралями сопротивлением 0,23 и 0,82 Ом.

Для повышения точности поддержания заданной температуры воздуха в салоне после 3—5 лет эксплуатации датчика температуры на автомобиле предусмотрена возможность настройки контроллера под датчик с помощью подстроечного потенциометра, выведенного под шлиц на боковой стенке корпуса контроллера. Если в установившемся режиме работы системы автоматического управления отопителем температура в салоне автомобиля отличается от заданной более, чем на 2 °C, контроллер следует вынуть из гнезда и с помощью подстроечного потенциометра отрегулировать ее настройку из расчета 0,2 °C на оборот для контроллера 2110-8128020-01 и 0,3 °C на оборот для контроллера 2110-8128020 (1303.3854). Следует учитывать, что вращение потенциометра по часовой стрелке у контроллера 2110-8128020-01 приводит к снижению температуры, а у контроллера 2110-8128020 — к увеличению.

10.3.4. Электропривод в предпусковых подогревателях двигателей

Для обеспечения пуска двигателя при низких температурах на некоторых автомобилях и тракторе устанавливают предпусковые подо-

греватели, которые обеспечивают подогрев охлаждающей жидкости и моторного масла перед пуском двигателя за счет теплоты сгорания бензина. Бензин в камеру сгорания подогревателя подается самотеком через жиклер. Одновременно с бензином в камеру сгорания нагнетается воздух вентилятором с ЭП, в результате чего образуется топливовоздушная смесь. Вначале смесь воспламеняется запальной свечой. При устойчивом самовоспламенении смеси запальная свеча отключается. Горячие газы, проходя через газоходы котла, нагревают в жидкостных рубашках жидкость, подаваемую из системы охлаждения двигателя, а при выходе из котла поступают в специальный лоток и подогревают масло в картере.

Работой котла подогревателя управляют с помощью игольчатого краника, воздушной заслонки, переключателя в цепи электроснабжения электродвигателя, обеспечивающего два скоростных режима работы вентилятора, и выключателя запальной свечи.

10.3.5. Электромеханические подъемники стекол дверей

Стеклоподъемники с ЭП устанавливаются на части выпускаемых автомобилей ВАЗ-2110, -2111 и -2112.

В исполнительном механизме электростеклоподъемника вместо зубчатого редуктора, применяемого в механических стеклоподъемниках с ручным приводом, имеется только барабан, в отверстие которого вставляется выходной вал моторредуктора. Моторредуктор содержит червячный редуктор и реверсивный электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов. Его конструкция аналогична конструкции моторредуктора стеклоочистителя. Направление вращения выходного вала моторредуктора зависит от направления тока в обмотке якоря электродвигателя. Для защиты электродвигателя от перегрузок в моторредуктор встроены биметаллический предохранитель.

Электродвигатели моторредукторов 5–8 (рис. 10.19) включаются переключателями 3, 4, 9, 10. Напряжение к переключателям подается только при включенном зажигании, когда замкнуты контакты реле 11 включения электростеклоподъемников. Коробка реле типа 904.3747-10 прикреплена сзади к блоку 1 реле и предохранителей. При замкнутых контактах реле 11 ток к каждому электродвигателю моторредукторов поступает через соответствующие замыкающие контакты подъема и опускания стекол переключателей 3, 4, 9, 10 и биметаллические предохранители. Замыкание на массу от электродви-

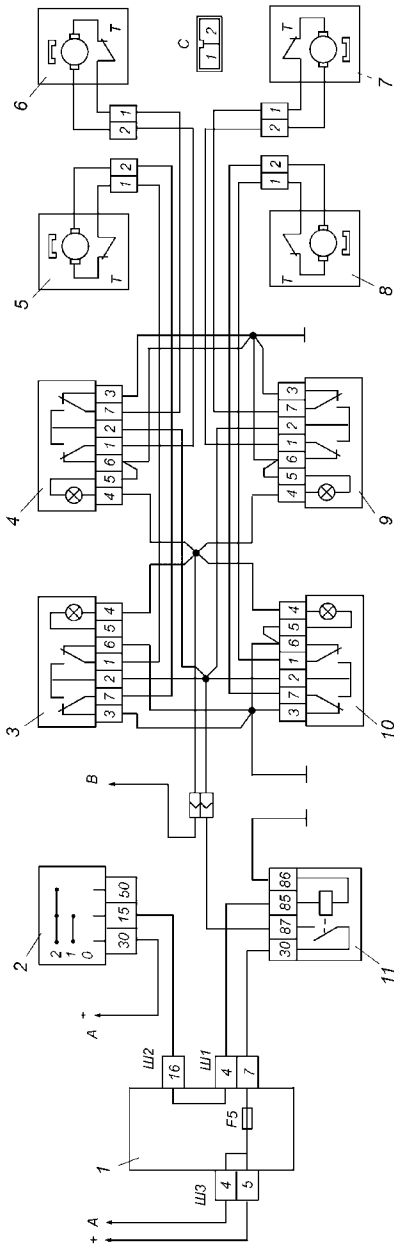


Рис. 10.19. Схемы включения стеклоподъемников дверей автомобиля семейства ВАЗ-2110:

1 – блок реле и предохранителей; 2 – выключатель зажигания; 3 и 4 – переключатели электростеклоподъемника соответственно правой передней и задней дверей; 5 и 6 – моторедукторы электростеклоподъемников соответственно правой передней и правой задней дверей; 7 и 8 – моторедукторы электростеклоподъемников соответственно левой задней и левой передней дверей; 9 и 10 – переключатели электростеклоподъемников соответственно левой задней и левой передней дверей; 11 – реле включения электростеклоподъемников; А – к источнику электрооснабжения; В – к выключателю освещения приборной панели; С – схема условной нумерации штекеров в колодах стеклоподъемников; Ш1, Ш2 – штекерные соединения

гателя стеклоподъемника каждой двери обеспечивается через оставшиеся замкнутыми размыкающие контакты соответствующего переключателя. При включении выключателя приборов в переключателях загораются лампы.

Пространственные ограничения внутри автомобильных дверей предполагают применение плоских конструкций приводных устройств электродвигателя и механизма передач с небольшими габаритными размерами. Для систем подъема и опускания стекол дверей перспективно использование бесконтактных электродвигателей с плоским якорем.

Управлять ЭП исполнительного механизма стеклоподъемника можно вручную с помощью клавишного переключателя, а также автоматически с использованием центрального блокировочного устройства. Удобство управления повышается сочетанием механизма перемещения стекла с замком двери и центральной системой блокировки дверей. После выхода водителя и пассажиров из автомобиля центральная система блокировки может обеспечить полный подъем стекол или частичный подъем стекол с оставлением небольших зазоров для вентиляции.

Схема электронного блока управления стеклоподъемником, предназначенного для автомобилей УАЗ, приведена на рис. 10.20. Блок управления построен на базе асинхронного *RS*-триггера и двух логических элементов ИЛИ-НЕ DD1.2 и DD1.1. Выходные сигналы логических элементов подаются на переходы база—эмиттер транзисторов *VT1* и *VT2* в цепях электроснабжения обмоток электромагнитных реле *KV1* и *KV2*. Переключение контактов *K1:1* и *K2:1* реле под действием намагничивающей силы их обмоток обеспечивает изменение направления перемещения стекла. Сигнал на подъем или опускание стекла изменяет направление тока в цепи обмотки якоря электродвигателя моторедуктора и, следовательно, и его направления вращения якоря. Сигнал может поступать с переключателя системы ручного управления подъемом и опусканием стекла или от центральной системы блокировки дверей.

При установке стекла в крайние положения или попадании в зазор над закрываемым стеклом какой-либо части тела водителя или пассажира частота вращения вала якоря электродвигателя уменьшается, сила тока, потребляемого электродвигателем, возрастает, и термобиметаллический выключатель, геркон или микровыключатель с датчиком Холла разрывают цепь электроснабжения электродвигателя, что приводит к его остановке.

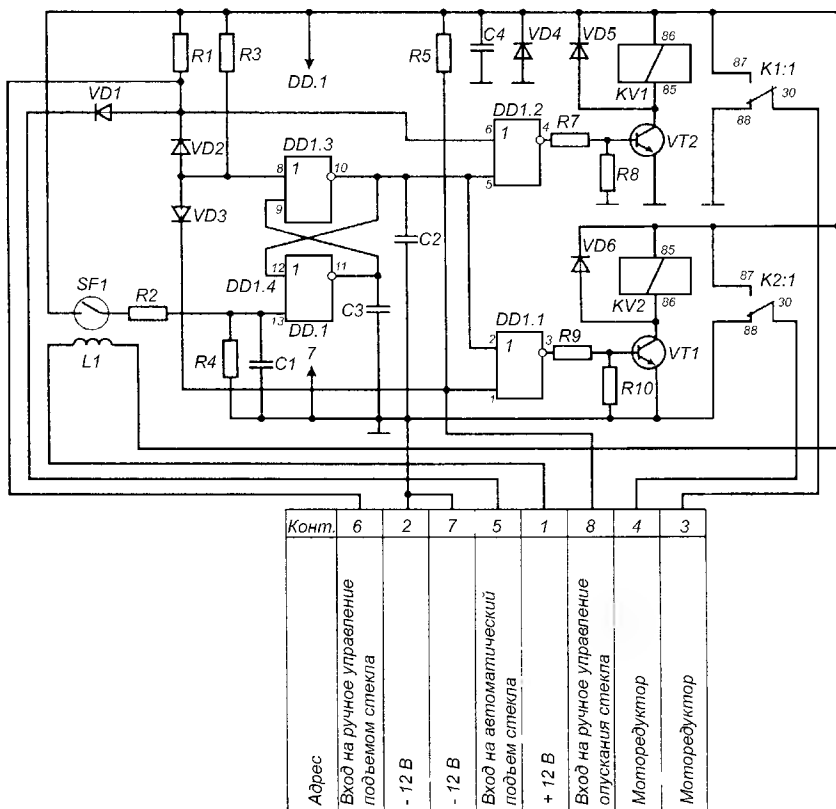


Рис. 10.20. Схема блока управления стеклоподъемником

В системах защиты может быть предусмотрена возможность изменения направления перемещения стекла, если сила подъема стекла превысит определенное значение. Система защиты автоматически отключается перед входением стекла в уплотнитель двери, позволяя валу якоря электродвигателя вращаться до полного закрытия окна.

10.3.6. Системы автоматической блокировки замков дверей

На многих автомобилях устанавливается система автоматической блокировки замков дверей. Система повышает безопасность эксплуа-

тации, обеспечивая подачу водителю светового или звукового сигнала при трогании с места автомобиля с незакрытыми дверьми. Кроме того, система не позволяет открывать двери на ходу при превышении определенной скорости движения автомобиля, автоматически блокируя дверные замки, позволяет закрыть замки всех дверей, крышки багажника и крышки люка, где расположена горловина бензинового бака, путем нажатия кнопки с места водителя или снаружи автомобиля с помощью дистанционных ультразвуковых или инфракрасных пультов управления. При этом автоматически включается охранный сигнализация.

Система автоматической блокировки дверей состоит из электронного блока управления, датчиков и исполнительных механизмов с ЭП. Электронный блок управляет блокированием и разблокированием замков дверей и охранный сигнализацией по сигналам с дистанционного пульта или с помощью традиционного механического ключа, а также по сигналам от кнопок управления, расположенных в салоне автомобиля.

Кроме того, в электронный блок управления поступают сигналы от датчиков ускорения, датчика скорости движения автомобиля, датчиков состояния дверей и датчика качания. Датчик ускорения дает сигнал об аварийном ускорении автомобиля при его столкновении с каким-либо препятствием, например при дорожно-транспортном происшествии. Датчики состояния дверей сигнализируют об открытом и не полностью закрытом состоянии дверей, крышек багажника и люка горловины бензинового бака. Датчик качания срабатывает при попытке совершения кражи колес.

Система блокировки замков дверей применяется на большинстве легковых автомобилей. На автомобилях ВАЗ-2110, -2111 и -2112 система обеспечивает автоматическую блокировку замков всех дверей при запирании ключом или нажатии кнопки блокировки замка левой передней двери. Этой же кнопкой можно разблокировать замки всех дверей изнутри автомобиля. Система предусматривает также возможность индивидуального разблокирования замков задних и правой передней дверей кнопками блокировки замков.

Тяги замков дверей приводятся в движение моторедукторами, установленными в каждой двери. В моторедуктор 7 (рис. 10.21) левой передней двери водителя встроен переключатель, контакты которого коммутируются при перемещении кнопки блокировки замка или при повороте ключом барабана двери. По сигналу, поступающему через замкнутые контакты прерывателя, блок управления включает элек-

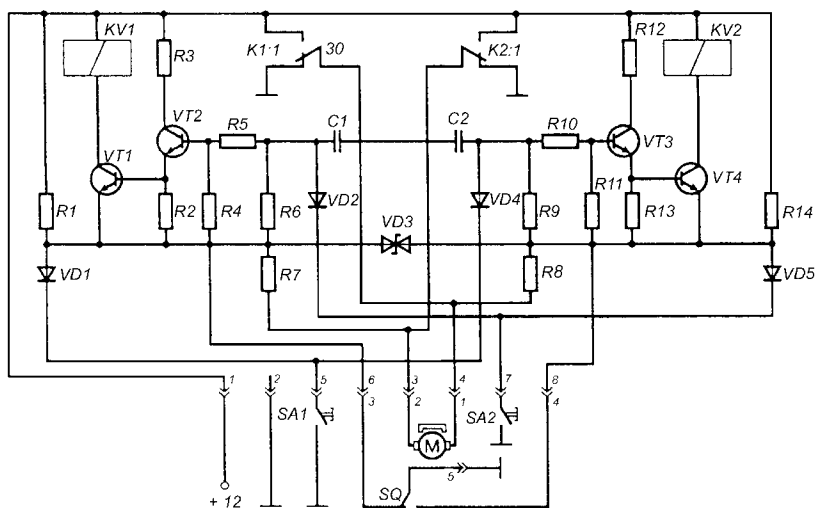


Рис. 10.22. Схема управления системы блокировки замков дверей с моторедуктором

тродвигатели моторедукторов всех дверей и тяги поворачивают рычаги блокировки замков, и замки в зависимости от направления вращения якоря электродвигателей блокируются или разблокируются.

В электронном блоке управления предусмотрен инерционный выключатель, благодаря которому замки автоматически разблокируются при столкновении движущегося автомобиля с препятствием, т.е. при аварии.

На рис. 10.22 приведена схема системы блокировки замков дверей с моторедуктором 87.3730 (ведущий моторедуктор с переключателем *SQ* передней левой двери водителя) и электронным блоком управления 7403.3761.

При нажатии кнопки выключателя *SA2* транзисторы *VT3*, *VT4* открываются и подключают к бортовой сети электрооборудования автомобиля обмотку реле *KV2*, которая управляет коммутацией контактов *K2:1*. Замыкающие контакты *K2:1* замыкаются и подключают вывод "2" электродвигателя *М* к положительному полюсу источника электропитания. При этом вывод "1" электродвигателя соединен с массой через замыкающие контакты *K1:1* реле *KV1*. При такой схеме подключения электродвигатель моторедуктора перемещает зубчатую рейку, связанную с исполнительным механизмом, в сторону, соответствующую блокировке дверей.

При нажатии на кнопку выключателя *SA1* срабатывает реле *KV1*. Полярность подводимого к выводам "1" и "2" электродвигателя *M* напряжения изменяется. Якорь электродвигателя начинает вращаться в другую сторону, и двери разблокируются. Переключатель *SQ* блокирует кнопки выключателей *SA1* и *SA2*. В ведомые моторедукторы 871.3730 задних дверей переключатель *SQ* не устанавливается.

Замок багажника с ЭП устанавливается на некоторых автомобилях ВАЗ-2110 (на моделях ВАЗ-2111 и ВАЗ-2112 — замок двери задка). В ЭП замка применяется моторедуктор такого же типа, как в системе блокировки замков дверей. При нажатии на кнопку выключателя, расположенную слева на панели приборов, подается напряжение на электродвигатель моторедуктора, его тяга поворачивает рычаг блокировки замка, и замок отпирается.

10.4. СИСТЕМЫ СТЕКЛО- И ФАРООЧИСТКИ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

10.4.1. Назначение. Основные требования

Системы стекло- и фароочистки предназначены для очистки ветрового и заднего стекол, а также стекол фар и блок-фар от атмосферных осадков (капель дождя, снега), пыли и грязи для повышения безопасности движения автомобиля и трактора. Их применение обеспечивает водителю необходимые условия для наблюдения за дорожной обстановкой. Очистка автомобильных и тракторных стекол производится электромеханическими стеклоочистителями и стеклоомывателями.

Стеклоочистители разного назначения могут использоваться как самостоятельные устройства, так и в сочетании со стеклоомывателями. Независимо от комплектации при работе системы стекло- и фароочистки должно быть обеспечено соблюдение установленных норм по дальности видимости в любое время суток и при любых погодных условиях.

Стекло- и фароочистители должны удалять воду, снег и грязь любого происхождения (неорганическую или минеральную, органическую, биологическую), обеспечивать надежную работу в диапазоне температур от -30°C до 80°C , обладать коррозионной стойкостью к воздействию кислот, щелочей и солей, иметь достаточный срок службы (по европейским нормам для легковых автомобилей $1,5 \cdot 10^6$ циклов

работы очистителя ветрового стекла и $3 \cdot 10^6$ циклов для стеклоочистителей грузовых автомобилей).

Различные климатические и погодные условия, скоростные режимы движения автомобилей и тракторов по дорогам с разным покрытием и по бездорожью обуславливают необходимость регулирования производительности стеклоочистителей. Для стеклоочистителей ветрового стекла необходимо предусмотреть не менее двух скоростных режимов работы (20—45 двойных ходов щеток в 1 мин на первом режиме и не менее 50 двойных ходов на втором режиме), а также прерывистый режим работы.

При включении стеклоомывателя должен обязательно включаться стеклоочиститель. После выключения стеклоомывателя щетки стеклоочистителя должны сделать 2—3 двойных хода.

Система очистки заднего стекла (стекла задка автомобилей-комби) работает так же, как система очистки ветрового стекла. По европейским нормам их срок службы ограничен $0,5 \cdot 10^6$ циклами очистки.

После выключения стеклоочистителя его щетки должны останавливаться на границе зоны очистки стекла в положении парковки (в нерабочем положении).

Необходимо, чтобы щетки при работе стеклоочистителей перемещались по стеклу плавно, с определенными углом размаха β и усилием прижима к стеклу. Смоченное водой стекло щетки должны очищать за один двойной ход, обеспечивая удовлетворительную видимость. Оси рычагов щеток должны быть защищены от попадания влаги.

Щетки очистителей ветровых стекол могут перемещаться параллельно с одинаковыми и разными углами поворота или навстречу друг другу (рис. 10.23). Разновидностью стеклоочистителей со встречным движением щеток являются стеклоочистители с пантографом. Используются также стеклоочистители с одной щеткой.

Для удаления со стекол льда и отмораживания щеток от стекла применяют обогреватели и отопители кузова. Большинство автомобилей имеют систему отопления кузова, содержащую отопительный радиатор, вентилятор с ЭП и распределительное устройство, которое часть нагретого радиатором воздуха направляет на ветровое стекло.

Применяются две системы очистки фар и блок-фар: электромеханический стеклоочиститель со щетками, обычно в комплекте со стеклоомывателем, и струйный фароочиститель, обеспечивающий подачу на фару или блок-фару струи жидкости под давлением.

В системах очистки стекол фар с электромеханическим стеклоочистителем рычаг щеток приводится в движение электродвигателем че-

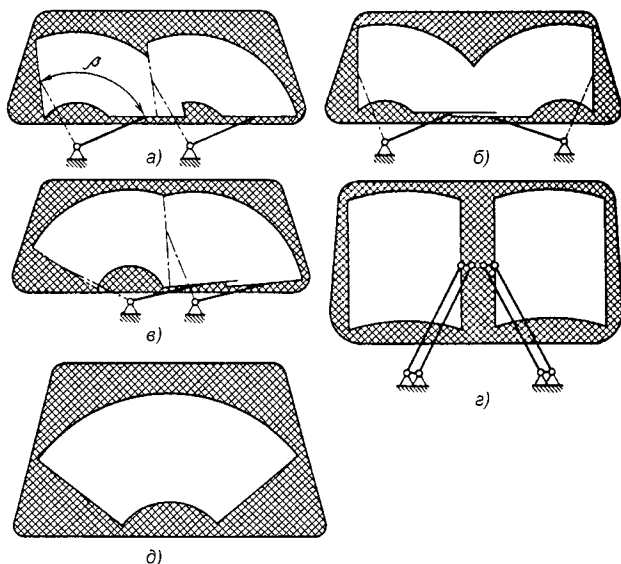


Рис. 10.23. Зоны очистки ветрового стекла:

а и б — соответственно при параллельном и встречном движении щеток; *в* — при параллельном движении щеток с разными углами поворота; *г* — при использовании пантографа; *д* — при движении одной щетки

рез механизм с понижающей передачей. Электромеханические фароочистители автомобиля состоят из двух моторедукторов правого и левого исполнения. Щетки при остановке фароочистителя должны укладываться в нижнее положение до упора в ободок круглой или прямоугольной фары и в ограничители блок-фары. Принцип работы фароочистителя со щетками аналогичен принципу работы стеклоочистителя ветрового стекла.

Принцип действия струйного фароочистителя состоит в том, что частицы грязи на стекле смываются очищающей жидкостью, которая подается от насоса с электроприводом (мотонасоса) через сопловые отверстия форсунок под давлением до 0,3 МПа. Преимуществами струйной фароочистки являются высокая эффективность работы, возможность очистки фар и блок-фар любой формы, кратковременное вмешательство в светораспределение. К недостаткам струйной фароочистки следует отнести необходимость использования для привода насоса высокого давления электродвигателя большой мощности и сравнительно большой расход жидкости.

Сопловые отверстия форсунок струйных фароочистителей должны располагаться так, чтобы струи очищающей жидкости охватывали фары и блок-фары с различной конфигурацией стекол при всех возможных скоростях движения автомобиля.

При движении по мокрой грязной дороге даже при отсутствии дождя стекла забрызгиваются грязью от встречных транспортных средств и автомобилей, совершающих обгон. В этом случае щетки стеклоочистителя не очищают стекло, а только размазывают по нему грязь, не улучшая видимости. Для повышения эффективности очистки стекол, забрызгиваемых грязью, автомобили помимо стеклоочистителей, должны быть оборудованы стеклоомывателями. При работе стеклоомыватели смачивают подсыхающую грязь, после чего увлажненная грязь легко очищается щетками стеклоочистителя.

В стеклоомывателях используются различные типы насосов с ЭП (обычно мотонасосы), которые через сопловые отверстия подают рабочую жидкость в виде узких струй на стекла. В качестве рабочей жидкости в летний период используют воду. В зимнее время воду смешивают с различными добавками, понижающими температуру замерзания рабочей жидкости (тосол, антифриз и т.д.).

Основными параметрами, характеризующими омыватель, являются давление, создаваемое насосом в системе подачи жидкости к сопловым отверстиям жиклеров, количество подаваемой жидкости и время действия струи.

В состав функциональной системы стекло- и фароочистки входят очистители и омыватели стекол, электромагнитные клапаны включения стеклоомывателей, электронные реле, задающие режим работы системы, коммутационная аппаратура управления, предохранители.

Целесообразно совместное использование стеклоочистителей и стеклоомывателей, управляемых единой электронной системой.

10.4.2. Стеклоочистители

Стеклоочиститель состоит из электродвигателя 9 (рис. 10.24) с якорем 22, обмоткой 23 возбуждения, коллектором 25 и крышками 21 и 24, редуктора с червяком 19 и зубчатым колесом 15, концевого выключателя с контактным диском 14 и пружинным контактом 34, кронштейна 13 крепления рычажной системы с тягами 6 и 12 и рычагами 35, щеток 36 и биметаллического предохранителя 11. Предохранитель 11 и дополнительный резистор 10 цепи обмотки возбуждения установлены на кронштейне 13.

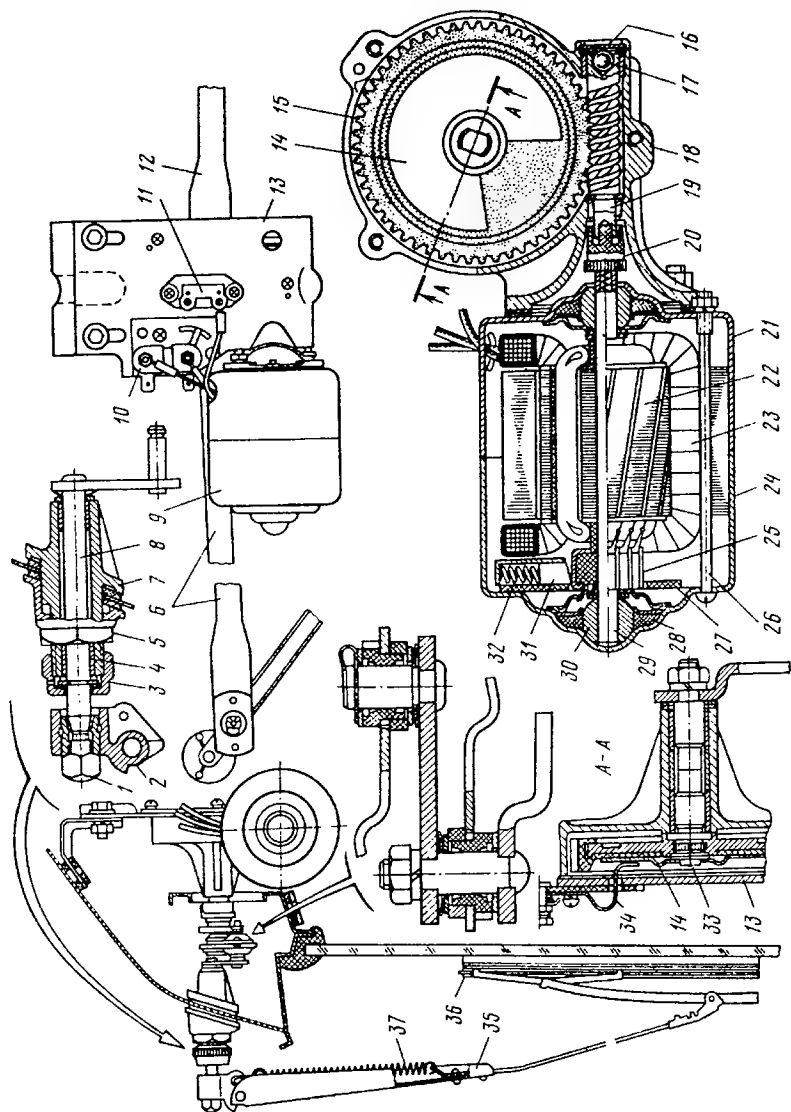


Рис. 10.24. Стеклоочиститель

← *Рис. 10.24 (Продолжение):*

1 — гайка крепления рычага; 2 — поводок рычага; 3 — защитная гайка; 4, 30 — подшипники; 5 — гайка крепления штуцера; 6, 12 — тяги; 7 — штуцер; 8 — вал рычага; 9 — электродвигатель; 10 — дополнительный резистор; 11 — биметаллический предохранитель; 13 — кронштейн; 14 — контактный диск; 15 — зубчатое колесо; 16 — заглушка; 17 — упорный шарик; 18 — корпус редуктора; 19 — червяк; 20 — соединительная муфта; 21, 24 — крышки электродвигателя; 22 — якорь; 23 — обмотка возбуждения; 25 — коллектор; 26 — стяжной винт; 27 — панель щеткодержателей; 28 — фетровая шайба с запасом смазочного материала; 29 — вал якоря электродвигателя; 31 — щетка электродвигателя; 32, 37 — пружины; 33 — вал редуктора; 34 — контакт концевого выключателя; 35 — рычаг щетки; 36 — щетка стеклоочистителя

Вращение вала 29 якоря электродвигателя 9 через соединительную муфту 20 передается червяку 19 и далее зубчатому колесу 15 понижающего редуктора. На валу шестерни 15 жестко закреплен кривошип. Вращение кривошипа посредством рычажной системы преобразуется в качение рычагов 35, на которых установлены щетки 36.

Биметаллический предохранитель разрывает цепь электроснабжения электродвигателя при появлении недопустимых перегрузок, когда щетки примерзают к стеклу или по каким-либо причинам резко возрастает сопротивление вращению вала якоря электродвигателя. Включается электродвигатель после остывания биметаллической пластины предохранителя автоматически.

В качестве электродвигателей для стеклоочистителей используются электродвигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов и с параллельным или смешанным электромагнитным возбуждением, в большинстве случаев объединенные с понижающим редуктором в моторредукторы. В системах очистки ветрового стекла обычно используется червячный редуктор, в системах очистки заднего стекла и фароочистки — дополнительная передача для преобразования вращательного движения вала якоря электродвигателя в колебательное движение рычагов щеток.

Требуемый вращающий момент электродвигателя в установившемся режиме работы щеток стеклоочистителя на мокром стекле определяется фрикционной нагрузкой от сил трения, возникающих при перемещении щеток по стеклу и в трущихся парах передаточного механизма, а также передаточным числом понижающего редуктора. Этот момент не должен превышать 20 % начального или пускового момента. В случае систем очистки, работающих на вертикальных ветровых стеклах автобусов, при определении момента сопротивления

вращению вала якоря электродвигателя необходимо учитывать влияние силы тяжести рычагов со щетками.

Электродвигатели стеклоочистителей и системы управления ими должны обеспечивать возможность регулирования их частоты вращения при изменении нагрузки, погодных и дорожных условий. В электродвигателях с электромагнитным возбуждением частота вращения регулируется путем изменения силы тока в параллельной обмотке возбуждения. В электродвигателях с возбуждением от постоянных магнитов изменение частоты вращения якоря достигается установкой дополнительной третьей щетки, смещенной с геометрической нейтрали, и организацией прерывистого режима работы.

На рис. 10.25 приведены кинематические схемы кривошипных механизмов, обеспечивающих параллельное и встречное перемещение щеток. Кривошип радиусом r_1 вращается вместе с выходным валом редуктора и приводит в движение поводки радиусом r_2 , связанные с рычагами стеклоочистителя. Площадь и расположение зон очистки на стеклах зависят от взаимного расположения опор исполнительного механизма стеклоочистителя (размеры a , b) и от величины радиусов r_1 и r_2 .

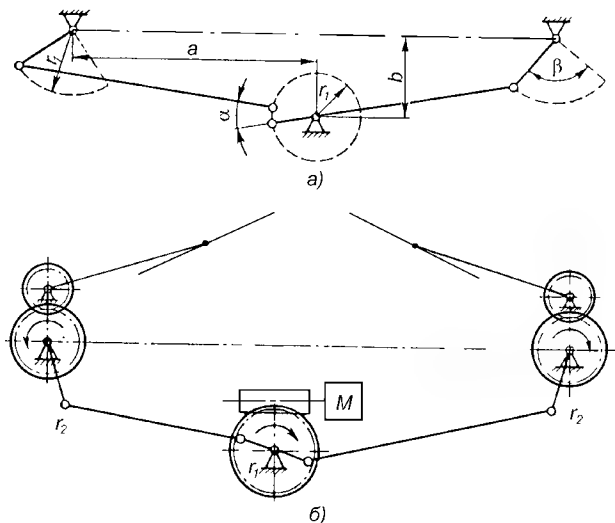


Рис. 10.25. Кинематические схемы кривошипных механизмов стеклоочистителей для обеспечения движения щеток:

a — параллельного; b — встречного; α — угол между тягами; δ — угол размаха щетки

Для очистки ветрового и заднего стекол применяются щетки длиной 260—1000 мм.

Применение на автомобилях гнутых передних и задних стекол усложняет работу стеклоочистителей, что связано с трудностями обеспечения плотного прилегания щетки к поверхности такого стекла. Для обеспечения плотного прилегания щеток к гибкому стеклу по всей длине контакта их выполняют гибкими и увеличивают усилие пружин, прижимающих щетки к стеклу.

Резиновый элемент щетки нагружается через отдельные скобы держателя щетки. Нижняя кромка резинового элемента щетки прижимается к очищаемому стеклу. Правильным выбором рабочего положения кромки резинового элемента относительно поверхности стекла обеспечивается оптимальность работы исполнительного механизма стеклоочистителя. Сочетание профилей стекла и резинового элемента щетки, а также характеристику и свойства резины подбирают таким образом, чтобы очищающая кромка могла стирать пыль и грязь с поверхности зоны очистки стекла под углом, равным приблизительно 45° .

Резиновый элемент щетки должен быть эластичным и не иметь изгибов по всей длине прилегающей к стеклу кромки.

При вращении зубчатого колеса 15 (см. рис. 10.24) по его контактному диску 14 скользит пружинный контакт 34 концевого выключателя, который периодически разъединяет и соединяет подвижный диск с корпусом редуктора, т.е. с массой.

После отключения от источника электроснабжения электродвигатель продолжает работать до тех пор, пока контакт 34 соприкасается с вращающимся контактным диском 14. Как только пружинный контакт 34 попадает в разрыв контактного диска 14, цепь электроснабжения электродвигателя разрывается и механизм стеклоочистителя останавливается. В момент остановки электродвигателя щетки стеклоочистителя должны находиться в заданном положении их парковки на одной из границ зон очистки стекла.

В электродвигателях с параллельным и смешанным электромагнитным возбуждением остановка якоря при срабатывании концевого выключателя происходит с соединением щеток через обмотку возбуждения. В стеклоочистителях с электроприводом от электродвигателей с возбуждением от постоянных магнитов после срабатывания концевого выключателя основные щетки замыкаются накоротко, и электродвигатель ускоренно останавливается, работая в режиме дина-

мического торможения, что и обеспечивает укладку щеток стеклоочистителя в строго заданном положении парковки.

Динамическим торможением электродвигателя с постоянными магнитами называется генераторный режим его работы, при котором кинетическая энергия движущихся по инерции масс исполнительного механизма, передаточного устройства и якоря электродвигателя преобразуется в электрическую энергию, которая расходуется на нагревание активных проводников в замкнутом контуре цепи якоря, электрически не связанного с бортовой сетью автомобиля.

Режим динамического торможения электродвигателя возникает при отключении якоря от источника электроснабжения и подключении к щеткам резистора или их коротком замыкании. Благодаря инерции движущихся масс механизма стеклоочистителя якорь продолжает вращаться в магнитном поле постоянных магнитов. При этом в его обмотках генерируется ЭДС, которая вызывает появление в замкнутом контуре тока, ограничиваемого только сопротивлением этого контура. Этот ток имеет то же направление, что и ЭДС, т.е. по отношению к рабочему двигательному режиму ток в активных проводниках обмотки якоря изменяет свое направление. Соответственно изменяется и направление сил, действующих на активные проводники. Вращающий момент, развиваемый электродвигателем, становится тормозным, препятствующим вращению вала якоря. Частота вращения уменьшается до нуля, а вместе с ней до нуля снижаются ЭДС, сила тока в обмотке якоря и противодействующий вращению якоря момент.

В то время как действие рекуперативного торможения возможно лишь при частоте вращения, превышающей частоту вращения якоря в режиме холостого хода, динамическое торможение возможно и при частоте вращения, близкой к нулю. Поэтому динамическое торможение применяется для быстрой и точной остановки электроприводов стеклоочистителей.

10.4.3. Стеклоомыватели

Стеклоомыватель (рис. 10.26) имеет бачок 10 для жидкости, насос с электроприводом и жиклеры с сопловыми отверстиями, связанные между собой резиновыми шлангами или пластмассовыми трубками 18. Бачок стеклоомывателя ветрового стекла объемом 1,5–2 л устанавливается под капотом. В стеклоомывателях фар

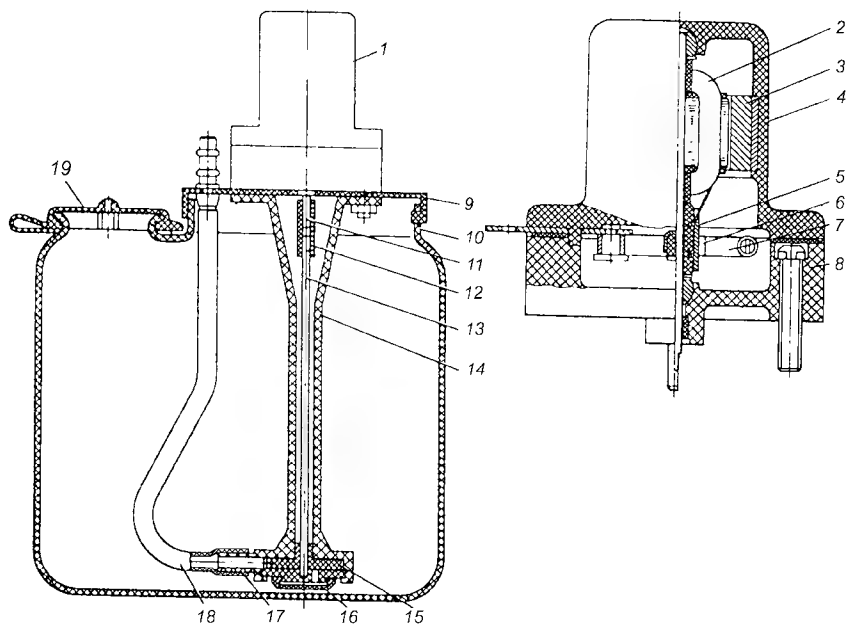


Рис. 10.26. Стеклоомыватель:

1 — электродвигатель привода насоса; 2 — якорь; 3 — постоянный магнит; 4 — корпус электродвигателя; 5 — коллектор; 6 — щетка; 7 — щеткодержатель; 8 — фланец; 9 — крышка крепления насоса; 10 — бачок; 11 — вал электродвигателя; 12 — муфта; 13 — вал насоса; 14 — корпус насоса; 15 — ротор насоса; 16 — фильтр; 17 — штуцер; 18 — трубка; 19 — пробка бачка

требуется больший объем омывающей жидкости (5–7 л). Объем бачка должен обеспечивать многократное пользование стеклоомывателем.

Для системы очистки заднего стекла используется отдельный бачок стеклоомывателя, устанавливаемый в багажнике.

Сетчатый фильтр 16 предотвращает засорение сопловых отверстий жиклеров. Жиклер формирует струю жидкости и направляет ее на стекло, в рабочую зону щетки стеклоочистителя. Жиклер может быть установлен на кузове или капоте автомобиля.

Стеклоомыватели устанавливают в дополнение к стеклоочистителям. Система очистки ветрового стекла, имеющая в своем составе стеклоочиститель с моторедуктором и стеклоомыватель, представлена на рис. 10.27.

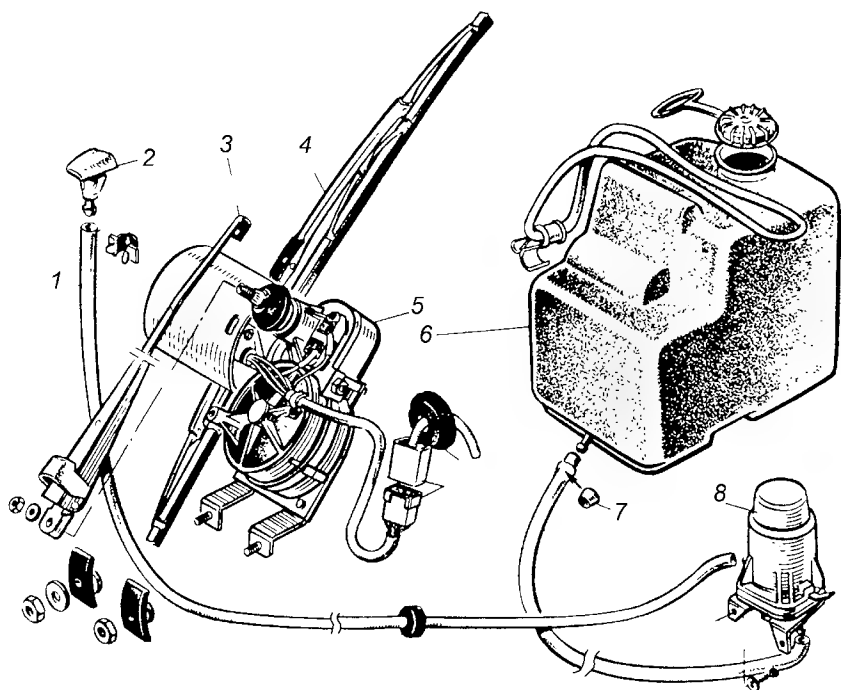


Рис. 10.27. Система очистки ветрового стекла, имеющая стеклоочиститель и стеклоомыватель:

1 — шланг жиклера; 2 — жиклер в сборе; 3 — рычаг; 4 — щетка; 5 — моторедуктор ветрового стекла; 6 — бачок; 7 — фильтр; 8 — мотонасос

Трехщеточный, двухскоростной электродвигатель моторедуктора 5 через червячный редуктор и систему рычагов обеспечивает касательное движение щеток 4 стеклоочистителя. В полость моторедуктора закладывается пластичный смазочный материал, рассчитанный на использование в течение всего срока службы автомобиля. Закрывается моторедуктор крышкой, которая одновременно является кронштейном для крепления моторедуктора на автомобиле.

Мотонасос 8 состоит из электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов и шестеренчатого насоса. На валу якоря электродвигателя установлено ведущее зубчатое колесо насоса. Мотонасос с крышкой прикреплен к кронштейну, который одновременно является кронштейном крепления мотонасоса на автомобиле. Режим работы электродвигателя мотонасоса кратковременный.

10.5. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЯМИ И СТЕКЛООМЫВАТЕЛЯМИ

10.5.1. Системы очистки ветровых стекол

Системы управления очисткой ветровых стекол автомобилей должны обеспечивать работу электродвигателей стеклоочистителя с малой и большой частотой и укладку щеток при отключении электродвигателя от бортовой сети в положении парковки, в котором они не мешают обзору водителем окружающей обстановки. По такой схеме работают системы управления стеклоочистителями, в ЭП которых используются электродвигатели со смешанным электромагнитным возбуждением и возбуждением от постоянных магнитов (рис. 10.28).

Переключатель SA режимов работы стеклоочистителя может быть установлен в три положения. По схеме (рис. 10.29, a) в положении I переключателя SA напряжение от бортовой сети подается на щетки электродвигателя через последовательную обмотку возбуждения. По параллельной обмотке возбуждения ток проходит минуя добавочный резистор R_d . При переводе переключателя SA в положение II в цепь электроснабжения параллельной обмотки возбуждения включается резистор R_d . Сила тока в параллельной обмотке понижается, что приводит к уменьшению магнитного потока и, следовательно, к повышению скорости перемещения щеток стеклоочистителя. Для выключения стеклоочистителя переключатель SA переводится в положение 0 . При этом электродвигатель продолжает работать до тех пор, пока цепь его электроснабжения остается замкнутой через контакты концевого выключателя SQ . Как только контакты концевого выключателя разомкнутся,

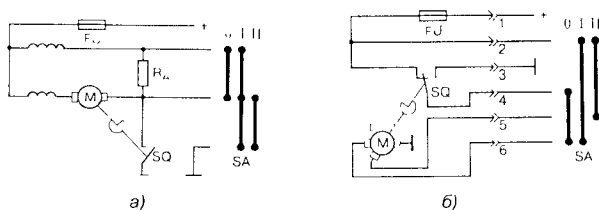


Рис. 10.28. Схемы управления электродвигателями двухскоростных стеклоочистителей с различными способами возбуждения:

a — со смешанным электромагнитным; $б$ — от постоянных магнитов

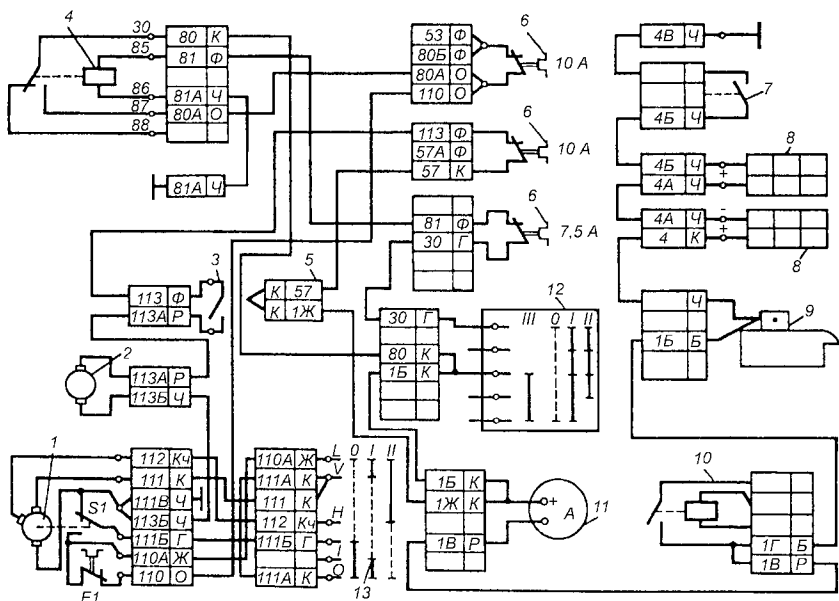


Рис. 10.29. Система очистки ветровых стекол автомобилей КАМАЗ:

1 электродвигатель стеклоочистителя; 2 электродвигатель стеклоомывателя; 3 выключатель стеклоомывателя; 4 реле электродвигателей отопителей; 5 блок предохранителей; 6 предохранители; 7 выключатель массы; 8 аккумуляторные батареи; 9 стартер; 10 реле включения стартера; 11 амперметр; 12 выключатель приборов и стартера; 13 переключатель стеклоочистителя

электродвигатель остановится, обеспечивая укладку щеток в положение парковки.

По схеме управления стеклоочистителем, данной на рис. 10.29, б в положении *I* переключателя *SA*, напряжение подается на основные щетки электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов. Вал якоря электродвигателя вращается с малой частотой. В положении *II* переключателя напряжение подается на третью дополнительную щетку электродвигателя. В этом случае стеклоочиститель переходит на второй режим работы, которому соответствует повышенная интенсивность очистки ветрового стекла.

При установке переключателя *SA* в нейтральное положение (положение *0*) электродвигатель стеклоочистителя сразу не выключается. Щетки стеклоочистителя продолжают двигаться по стеклу до тех пор, пока не придут в положение парковки. В этот

момент концевой выключатель срабатывает и замыкает накоротко обмотку якоря электродвигателя. Он переходит в режим динамического торможения и останавливается.

Система очистки ветровых стекол кабины грузовых автомобилей КамАЗ включает в себя двухскоростной электрический стеклоочиститель и стеклоомыватель (рис. 10.29).

Омывающая жидкость на ветровые стекла подается насосом с электроприводом от электродвигателя 2 с возбуждением от постоянных магнитов, управляемого клавишным выключателем. Электропитание электродвигателя насоса осуществляется через один из предохранителей 6, рассчитанный на силу тока 10 А.

Клавишный выключатель 3 стеклоомывателя расположен справа от рулевой колонки на пульте переключателей. При включении стеклоомывателя ток через электродвигатель проходит по цепи: положительный вывод аккумуляторной батареи 8 — вывод "Б" стартера 9 — выводы "1Г" и "1В" реле 10 включения стартера — выводы "1В" и "1Ж" амперметра 11 — выводы "1Ж" и "57" блока 5 предохранителей на 60 и 30 А — выводы "57" и "113" предохранителя 6 на 10 А — замкнутые контакты выключателя 3 стеклоомывателя — выводы "113А" выключателя 3 и электродвигателя 2 — выводы "113Б" электродвигателя 2 стеклоомывателя и разъема моторедуктора с электродвигателем 1 стеклоочистителя — вывод "113В" моторедуктора — масса (корпус автомобиля) — выключатель 7 массы — отрицательный вывод аккумуляторных батарей. Электродвигатель 2 приводит в действие насос, который по трубкам через сопловые отверстия жиклеров подает омывающую жидкость на ветровые стекла.

Стеклоочиститель содержит моторедуктор, щетки с рычажным приводом и трехпозиционный переключатель 13. Схема управления электродвигателем 1 обеспечивает работу стеклоочистителя в двух режимах и остановку щеток в положении парковки.

Напряжение на электродвигатель 1 моторедуктора подается через замкнутые контакты реле 4 электродвигателей отопителей, поэтому электродвигатель стеклоочистителя можно включить при переводе выключателя 12 приборов и стартера в положение 1.

В положении 1 выключателя 12 приборов и стартера срабатывает электромагнитное реле 4 электродвигателей отопителя, так как на его

обмотку с вывода "КЗ" выключателя *I2* через предохранитель 6 на 7,5 А подается напряжение. Контакты реле 4 замыкаются. Напряжение с его вывода "30" ("80") подается на вывод "87" ("80А"), далее через выводы "80А" и "110" предохранителя 6 на 10 А — на выводы "110" разъема моторедуктора, биметаллический предохранитель *F1* и вывод "110А" разъема моторедуктора — на вывод "110А" переключателя *I3* стеклоочистителя.

Если переключатель *I3* находится в положении *I*, напряжение с его вывода "110А" подается на вывод "111" переключателя и разъема моторедуктора, далее — на основную плюсовую щетку электродвигателя *I*, расположенную на геометрической нейтрали. Вторая основная щетка электродвигателя через вывод "111В" разъема моторедуктора постоянно соединена с массой. В этом случае электродвигатель через редуктор и рычажный привод обеспечивает колебательное движение щеток стеклоочистителя с малой частотой.

При переводе переключателя *I3* режимов работы стеклоочистителя в положение *II* соединяются его выводы "110А" и "112". С вывода "112" переключателя *I3* напряжение подается на вывод "112" разъема моторедуктора, далее — на третью дополнительную щетку электродвигателя, чем обеспечивается работа электродвигателя с большей частотой вращения.

Для выключения стеклоочистителя переключатель *I3* устанавливают в положение 0. Однако вращение электродвигателя не прекращается, так как в обмотку его якоря ток продолжает поступать через замкнутые контакты (нижние по схеме концевого выключателя *S1* по цепи: вывод "110" разъема моторедуктора — предохранитель *F1* — замкнутые контакты концевого выключателя *S1* — выводы "111В" разъема моторедуктора переключателя *I3* — выводы "111А" переключателя *I3* — вывод "111" переключателя и разъема моторедуктора — основная плюсовая щетка электродвигателя).

Когда щетки стеклоочистителя приходят в положение парковки в нижней части ветровых стекол, размыкаются нижние и замыкаются верхние по схеме рис. 10.29 контакты концевого выключателя *S1*. Якорь электродвигателя отключается от бортовой сети и замыкается накоротко по цепи: минусовая щетка электродвигателя — замкнутые верхние по схеме контакты концевого выключателя *S1* — выводы "111В" разъема моторедуктора и переключателя *I3* — выводы "111А" и "111" переключателя — вывод "111" разъема мото-

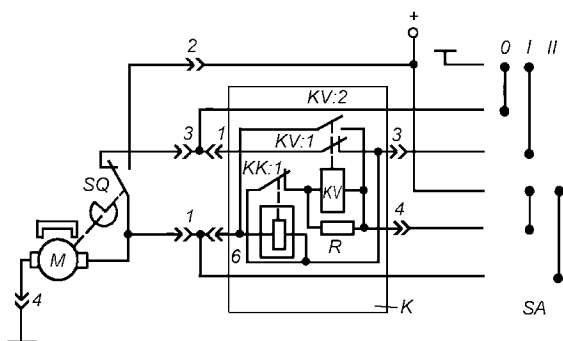


Рис. 10.30. Схема управления стеклоочистителем с помощью теплового реле

редуктора — плюсовая основная щетка электродвигателя. Работая в режиме динамического торможения, электродвигатель быстро останавливается.

При более полном алгоритме управления очисткой ветрового стекла обеспечивается периодичность включения стеклоочистителя с перерывами в работе продолжительностью 2–7 с. В системах очистки стекол, в которых используются стеклоомыватели, должна быть также предусмотрена возможность управления совместной работой стеклоочистителя и стеклоомывателя по заданному алгоритму.

Прерывистый режим работы стеклоочистителя можно обеспечить с помощью теплового реле (рис. 10.30). Вывод "2" электродвигателя постоянно подключен к цепи электроснабжения. Вывод "4" электродвигателя соединен с массой. Управление электродвигателем *M* с возбуждением от постоянных магнитов осуществляется трехпозиционным переключателем *SA* режимов работы стеклоочистителя.

В положении *II* переключателя *SA* ток к электродвигателю подводится через его выводы "1" и "4". Электродвигатель работает с установленной частотой вращения до тех пор, пока переключатель не будет переведен в другое положение.

При переводе переключателя *SA* в положение *I* к бортовой сети подключаются выводы "3" и "4" реле *K* управления стеклоочистителем. Через замкнутые контакты *KK:1* теплового реле *KK* ток поступает в обмотку электромагнитного реле *KV*. Реле *KV* срабатывает, замыкая контакты *KV:2* и размыкая контакты *KV:1*. Через замкну-

тые контакты $KV:2$ реле KV и вывод "6" реле K электродвигатель M подключается к бортовой сети и начинает работать. Одновременно к цепи электроснабжения подключается нагревательный элемент теплового реле KK . Биметаллическая пластина теплового реле KK нагревается и прогибается, размыкая контакты $KK:1$. Цепь электроснабжения реле KV разрывается, контакты $KV2$ размыкаются, отключая нагревательный элемент теплового реле KK от бортовой сети. Одновременно прекращается подача напряжения от источника электроснабжения через реле K , однако электродвигатель продолжает работать до тех пор, пока подвижный контакт конечного выключателя замкнут на вывод "2" электродвигателя, подключенный к бортовой сети.

После замыкания контактов $KV:1$ электродвигатель M переходит к работе на режиме динамического торможения, который происходит, когда концевой выключатель SQ сработает, и его подвижный контакт через вывод "3" электродвигателя и выводы "1", "3" реле K соединится с массой и замкнет накоротко обмотку якоря электродвигателя. При динамическом торможении электродвигатель быстро останавливается. При этом щетки стеклоочистителя укладываются в положение парковки.

Электродвигатель остается отключенным от сети электроснабжения до тех пор, пока биметаллическая пластина теплового реле KK не остынет и не замкнет контакты $KK:1$. После этого реле KV вновь включит электродвигатель в работу. Далее процесс повторяется.

Совместить управление стеклоочистителем и стеклоомывателем позволяют электромагнитные реле. На рис. 10.31 приведена схема управления очистителем и омывателем ветрового стекла автомобиля с электронным реле 52.3747.

Стеклоочиститель работает с малой скоростью перемещения щеток по ветровому стеклу, когда переключатель SA находится в положении IV . В этом случае напряжение от бортовой сети через встроенный в стеклоочиститель биметаллический предохранитель $F3$ подается на основные щетки электродвигателя $M1$.

Частота вращения вала якоря электродвигателя $M1$ и интенсивность очистки ветрового стекла повышаются при переводе переключателя SA в положение V , когда напряжение от бортовой сети подводится к третьей, дополнительной щетке электродвигателя.

Прерывистый режим работы стеклоочистителя происходит при переводе переключателя SA в нефиксированное положение II и фикс-

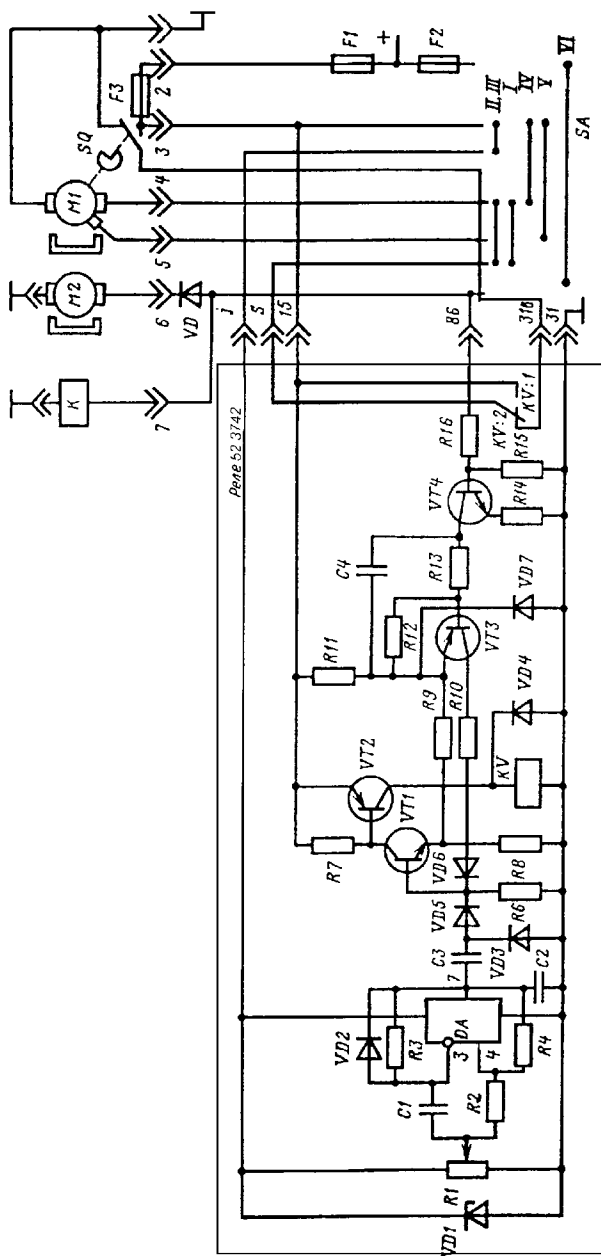


Рис. 10.31. Схема управления стеклоочистителем и стеклоомывателем с электронным реле 52.3747

сированное III положения. В этом режиме напряжение к основным щеткам электродвигателя *M1* подводится только при замыкании контактов *KV:1* электромагнитного реле *KV*, управляемого реле времени, собранного на операционном усилителе *DA* и транзисторах *VT1* и *VT2*.

Напряжение к операционному усилителю *DA* подается от вывода "J", электронного реле, который переключателем *SA* подключается к бортовой сети. Операционный усилитель периодически отпирает и запирает транзисторы *VT1* и *VT2*. Через открытый переход эмиттер—коллектор транзистора *VT2* и вывод "15" реле 52.3747 к бортовой сети подключается обмотка реле *KV*. Его контакты *KV:1* замыкаются и через вывод "S" включают электродвигатель *M1*, который начинает работать с малой частотой вращения вала.

При запираании транзисторов *VT1* и *VT2* протекание тока по обмотке реле *KV* прекращается, контакты *KV:1* размыкаются, а контакты *KV:2* замыкаются. Цепь электроснабжения электродвигателя через контакты *KV:1* реле *KV* разрывается. Однако электродвигатель *M1* продолжает работать, оставаясь подключенным к бортовой сети через концевой выключатель *SQ*, и останавливается только при срабатывании концевого выключателя. Остановка электродвигателя происходит в режиме динамического торможения, так как концевой выключатель через замкнутые контакты *KV:2* и вывод "31в" реле 52.3747 накоротко замыкает обмотку якоря. Электронное реле времени обеспечивает подачу напряжения на электродвигатель *M1* через замкнутые контакты *KV:1* и вывод "S" реле 52.3747 с частотой 14 циклов в 1 мин.

Положение *VI* переключателя *SA* соответствует включенному состоянию электродвигателя *M2* мотонасоса стеклоомывателя. Одновременно через вывод "86" реле 52.3747 происходит смещение в прямом направлении перехода база—эмиттер транзистора *VT4*. Транзисторы *VT4*, *VT3*, *VT1* и *VT2* последовательно открываются, контакты *KV:1* реле *KV* замыкаются, и стеклоочиститель начинает работать совместно со стеклоомывателем.

После отключения стеклоомывателя работа стеклоочистителя прекращается не сразу, а после двух-четырех полных циклов, так как конденсатор *C4*, заряженный через открытый переход коллектор—эмиттер транзистора *VT4*, разряжается на цепь эмиттер—база транзистора *VT3* и резистора *R13*, поддерживая транзисторы *VT3*, *VT1* и *VT2* в открытом состоянии.

Мотонасос стеклоомывателя нагнетает жидкость в три магистрали: к ветровому стеклу, к заднему стеклу и фарам. Магистрали открыва-

ются электромагнитными клапанами. На схеме (рис. 10.31) электромагнитный клапан K магистрали подачи жидкости к ветровому стеклу включается одновременно с электродвигателем $M2$ мотонасоса при переводе переключателя SA в положение VI .

Диод VD служит для разделения цепей электродвигателя $M2$ и клапана K , в результате чего обеспечивается возможность подачи жидкости мотонасосом в другие магистрали.

Для отключения работающего стеклоочистителя переключатель SA переводится в положение I . При этом обмотка якоря электродвигателя $M1$ после срабатывания концевого выключателя через контакты $KV:2$ реле KV замыкается накоротко, чем обеспечиваются режим динамического торможения и ускоренная остановка электродвигателя.

В схеме управления с электронным реле 522.3747 (рис. 10.32) система очистки ветрового стекла отключена, если переключатель находится в положении I . При переводе переключателя SA в положение I из любого другого положения, соответствующего рабочему режиму, стеклоочиститель останавливается с динамическим торможением электродвигателя.

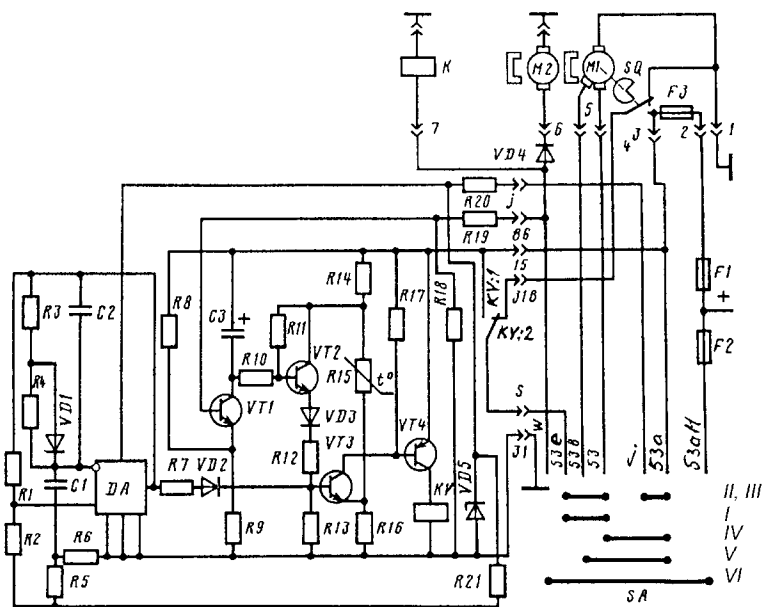


Рис. 10.32. Схема управления стеклоочистителем и стеклоомывателем с электронным реле 522.3747

В положениях *I* и *II* переключателя *SA*, когда обеспечивается прерывистый режим работы стеклоочистителя, напряжение подводится к выводу "J" реле 522.3747 и далее к операционному усилителю *DA*. В этом режиме напряжение от бортовой сети подводится к основным щеткам электродвигателя *M1* только в том случае, если замкнуты контакты *KV:1* реле *KV*. Срабатыванием реле *KV* управляет электронная схема реле времени, собранная на операционном усилителе *DA* и транзисторах *VT2–VT4*. Операционный усилитель, на вход которого подается стабилизированное напряжение через вывод "J" электронного реле, периодически отпирает транзисторы *VT3* и *VT4*, включая в бортовую сеть электроснабжения реле *KV*. Реле срабатывает и, замыкая свои контакты *KV1*, через вывод "S" реле 522.3747 включает электродвигатель *M1* стеклоочистителя в работу с малой частотой вращения. Напряжение на выводе "S" электронного реле появляется с частотой 14 циклов в минуту. Во время работы стеклоочистителя в прерывистом режиме напряжение подается на основные щетки электродвигателя *M1*.

В положение *IV* переключателя *SA* напряжение подается также на основные щетки электродвигателя через встроенный в моторедуктор биметаллический предохранитель *F3*. Поэтому электродвигатель *M1* вращается с постоянной малой частотой.

Электродвигатель *M1* переходит на режим работы с высокой частотой вращения при переводе переключателя *SA* в положение *V*. В этом случае напряжение от бортовой сети подается к дополнительной третьей щетке электродвигателя *M1*.

В положении *VI* переключателя *SA* стеклоочиститель и стеклоомыватель работают совместно. Через вывод "86" электронного реле происходит смещение в прямом направлении перехода база—эмиттер транзистора *VT1*. Транзистор *VT1* открывается и переводит в состояние насыщения транзисторы *VT2*, *VT3* и *VT4*. Контакты *KV:1* реле *KV* замыкаются, и стеклоочиститель вместе со стеклоомывателем вступают в работу. Необходимая задержка отключения стеклоочистителя на 3–4 полных цикла очистки после выключения стеклоомывателя обеспечивается благодаря разряду конденсатора *C3* через переход эмиттер—база транзистора *VT2*. В это время транзисторы *VT2*, *VT3* и *VT4* остаются открытыми, обеспечивая подачу напряжения на реле *KV*. Конденсатор *C3* заряжается через открытый транзистор *VT1*.

В системах очистки ветрового стекла, схема которой приведена на рис. 10.33, изменение режимов работы стеклоочистителя и стеклоомывателя осуществляется подрулевым переключателем 7.

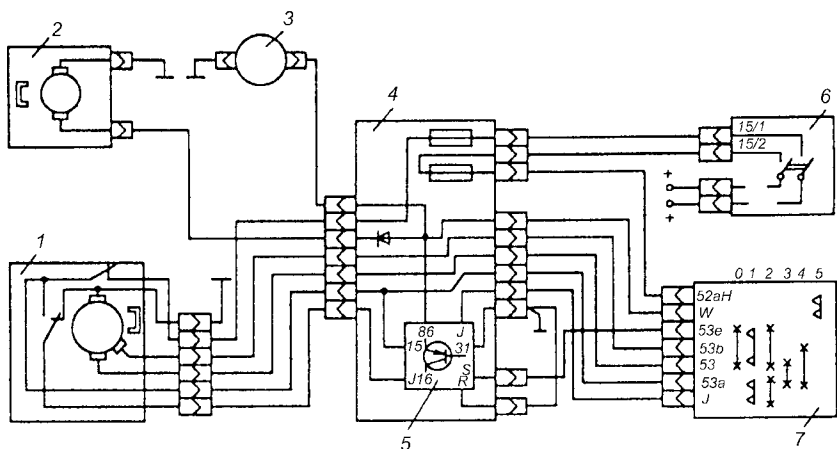


Рис. 10.33. Схема системы очистки ветрового стекла:

1 — стеклоочиститель; 2 — стеклоомыватель; 3 — электромагнитный клапан системы стеклоомывателя; 4 — блок реле и предохранителей; 5 — электронное реле стеклоочистителя; 6 — выключатель зажигания; 7 — подрулевой выключатель

В исходное положение 0 система стеклоочистки отключена от бортовой сети.

При переводе рычага подрулевого переключателя 7 в положение 0 из любых рабочих положений через вывод "53" и "53e" накоротко замыкается обмотка якоря через основные щетки, чем обеспечивается динамическое торможение электродвигателя стеклоочистителя 1.

Для организации прерывистого режима работы стеклоочистителя рукоятка подрулевого переключателя переводится в нефиксированное положение 2. В этом случае напряжение от бортовой сети через выводы "53" и "J" подается к электронному реле 5 системы стеклоочистителя. Одновременно через выводы переключателя "53" и "53e" включается электродвигатель стеклоочистителя 1, и он начинает работать на малой скорости.

Работа электродвигателя стеклоочистителя с постоянными малой и большой частотой вращения происходит при установке подрулевого переключателя в положение 3 и 4, когда соединяются выводы "53" и "53b" с выводом "53a". При нажатии рукоятки переключателя (нефиксированное положение 5) работают стеклоомыватель и стеклоочиститель. Через выводы "53aH" и "53b" с выводом "53a".

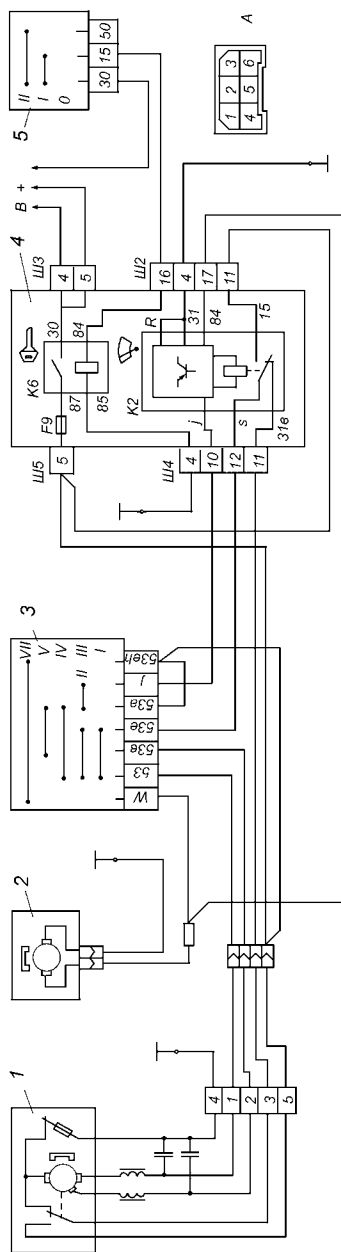


Рис. 10.34. Схема включения очистителя и омывателя ветрового стекла на автомобиле ВАЗ-2110:

1 — электродвигатель очистителя ветрового стекла; 2 — электродвигатель омывателя ветрового стекла; 3 — переключатель очистителя и омывателя ветрового стекла; 4 — монтажный блок; 5 — выключатель зажигания; А — порядок условной нумерации штекеров в колодке электродвигателя очистителя; В — к источникам питания

При нажатии рукоятки переключателя (нефиксируемое положение 5) работают стеклоомыватель и стеклоочиститель. Через выводы "53aH" и "W" включаются в работу электродвигатель 2 стеклоомывателя и электромагнитный клапан 3 стеклоомывателя. Одновременно напряжение подается на вывод "86" электронного реле 5.

При отпущенной рукоятке подрулевого переключателя стеклоомыватель отключается, а электронное реле 5 обеспечивает 2—3 двойных хода щеток стеклоочистителя при малой частоте вращения электродвигателя.

На автомобиле ВАЗ-2110 предусмотрены три режима работы стеклоочистителя ветрового стекла. Прерывистый режим работы имеет место в нефиксируемом II (рис. 10.34) и фиксируемом III положениях переключателя 3. Этот режим обеспечивается с помощью электронного реле К2 (524.3747), установленного в монтажном блоке 4. Реле К6, расположенное в монтажном блоке, служит для разгрузки контактов выключателя зажигания 6.

10.5.2. Системы очистки заднего стекла и фар

В стеклоочистителях заднего стекла, фар и блок-фар применяются односкоростные электродвигатели 1, 3 (рис. 10.35). В положение "5" подрулевого переключателя 7 одновременно включаются стеклоочиститель и стеклоомыватель фар при замкнутых цепях выключателя 6 наружного освещения и выключателя 5 зажигания. Напряжение на электродвигатель стеклоомывателя и на выводы "85" и "86" электромагнитного реле 10 подается от вывода "W" подрулевого переключателя 7. Реле 10 срабатывает через замкнутые контакты "30" и "87" реле, выключатели наружного освещения и зажигания, и напряжение подается на электродвигатели 1 фароочистителей и на электромагнитный клапан омывателя фар 2. При отпуске рукоятки через размыкающие контакты "30" и "88" реле 10 осуществляется динамическое торможение электродвигателей 1 фароочистителей.

Включение стеклоочистителя заднего стекла осуществляется при замыкании выводов "53aH" и "53H" при установке переключателя 7 в положение 6.

Совместная работа стеклоочистителя и омывателя заднего стекла возможна при нажатии на рукоятку подрулевого переключателя.

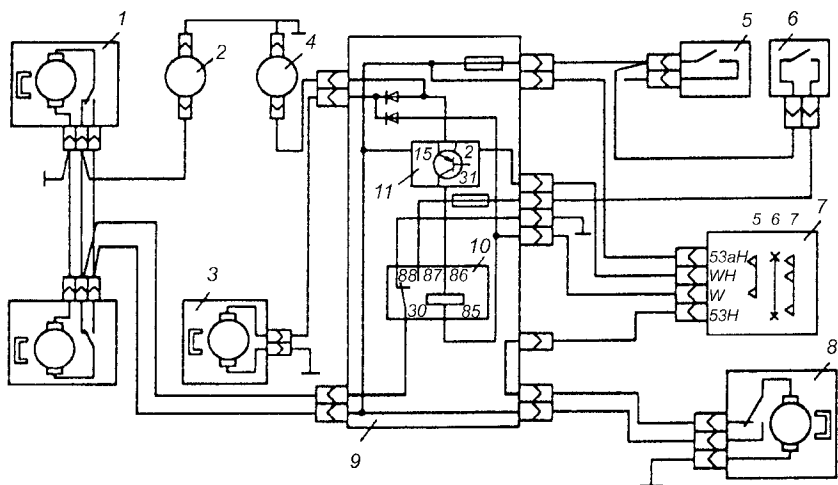


Рис. 10.35. Схема включения очистителей фар и заднего стекла:

1 электродвигатель фарочистителя; 2 электромагнитный клапан стеклоомывателя фар; 3 электродвигатель стеклоомывателя; 4 клапан омывателя заднего стекла; 5 выключатель зажигания; 6 выключатель наружного освещения; 7 подрулевой переключатель; 8 очиститель заднего стекла; 9 блок реле и предохранителей; 10 электромагнитное реле; 11 реле омывателя заднего стекла

чателя (нефиксированное положение "7"). Через выводы "53aH" и "WH" напряжение подается на вывод "2" электронного реле 11 омывателя, а через выводы "53aH" и "53H" на очиститель заднего стекла. Электронное реле 11 включает в электродвигатель 3 и электромагнитный клапан 4 омывателя заднего стекла. После снятия усилия с рукоятки подрулевого переключателя 7 цепь очистителя заднего стекла остается включенной, а стеклоомыватель работает в течение $5 \pm 0,6$ с.

Схема управления струйной фарочисткой с электронным реле 2902.3747 и мотонасосом 2002.3730 приведена на рис. 10.36. После размыкания контактов выключателя SA электронное реле в течение 4 с удерживает электродвигатель системы струйной очистки во включенном состоянии до тех пор, пока через контакты реле K1, диод VD2, резисторы R7, R8 не зарядится конденсатор C2. После заряда конденсатора C2 напряжение на эмиттере транзистора VT3 становится достаточным для его перехода в состояние насыщения. При этом транзистор VT2 открывается, а транзистор VT1

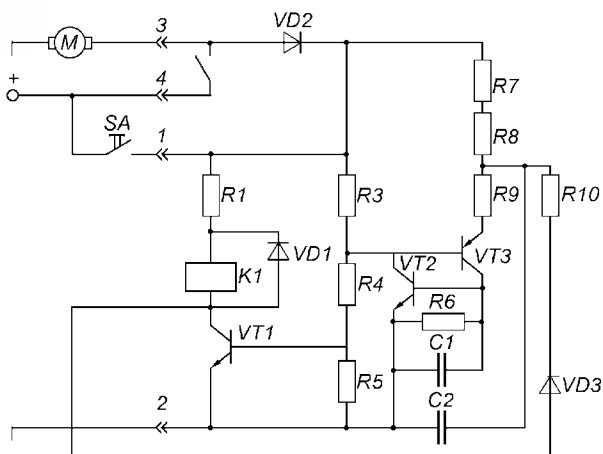


Рис. 10.36. Схема управления струйной фароочисткой

закрывается. Реле *K1* отключается от бортовой сети электроснабжения, его контакты размыкаются, и электродвигатель *M* мотонасоса останавливается.

10.5.3. Система очистки стекол на микросхемах

Для управления электроприводом все чаще применяются специализированные микросхемы. Схемы управления стеклоочистителем на микросхеме КР1055ГП2 и схема электронного реле стеклоомывателя на микросхеме КР1055ГП1 приведены на рис. 10.37.

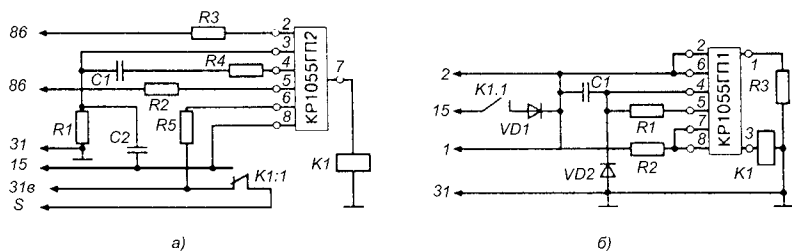


Рис. 10.37. Схема электронных реле систем стеклоочистки:

a – реле стеклоочистителя на микросхеме КР1055ГП2; *б* – реле стеклоомывателя на микросхеме КР1055ГП1

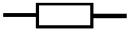
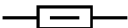
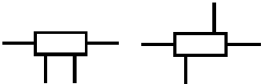
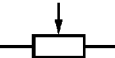
Приложение

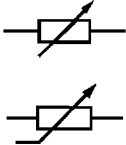
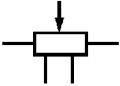
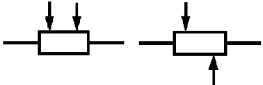
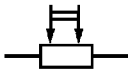
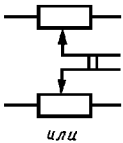
1. Буквенные коды наиболее распространенных видов элементов

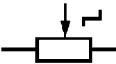
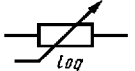
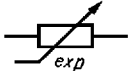
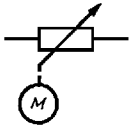
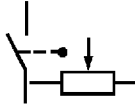
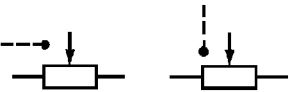
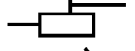
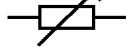
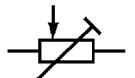
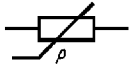
Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов
А	Устройства	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или, наоборот, аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговорители, микрофоны, термоэлектрические чувствительные элементы, детекторы ионизирующих излучений, звукозаписывающие аппараты, сельсины
С	Конденсаторы	
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схемы интегральные аналоговые и цифровые, логические элементы, устройства памяти, устройства задержки
Е	Элементы разные	Осветительные устройства, нагревательные элементы
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретные элементы защиты по току и напряжению, плавкие предохранители, разрядники
Г	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батареи, аккумуляторы, электротехнические и электротермические источники
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Приборы звуковой и световой сигнализации, индикаторы

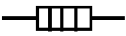
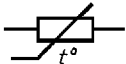
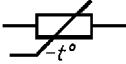
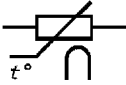
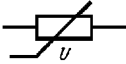
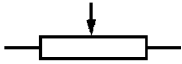
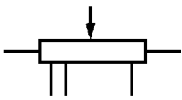
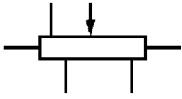
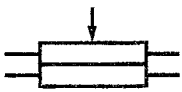
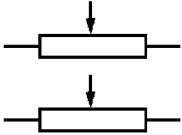
Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовые и напряжения, реле электротепловые, реле времени, контакторы, магнитные пускатели
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения
М	Двигатели	Двигатели постоянного и переменного тока
Р	Приборы, измерительное оборудование	Показывающие, регистрирующие и измерительные приборы, счетчики, часы
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Разъединители, короткозамыкатели, автоматические выключатели (силовые)
R	Резисторы	Переменные резисторы, потенциометры, варисторы, терморезисторы
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных приборах	Выключатели, переключатели, выключатели, срабатывающие от различных воздействий
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформаторы тока и напряжения, стабилизаторы
U	Преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи	Модуляторы, демодуляторы, дискриминаторы, инверторы, преобразователи частоты, выпрямители
V	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	Электронные лампы, диоды, транзисторы, тиристоры, стабилизаторы
W	Линии и элементы сверхвысокой частоты, антенны	Волноводы, диполи, антенны
X	Соединения контактные	Штыри, гнезда, разборные соединения, токосъемники
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнитные муфты, тормоза, патроны
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Линии моделирования, кварцевые фильтры

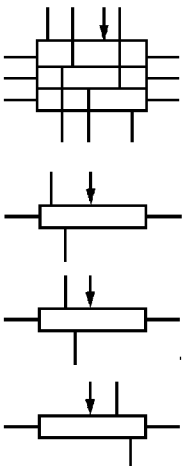
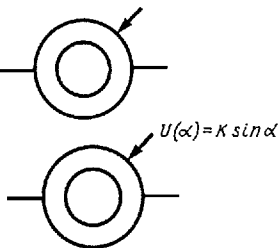
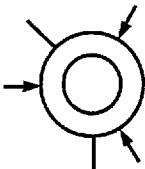
2. Условные графические обозначения отдельных электрических элементов (выдержки из ГОСТов)

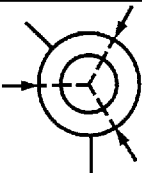
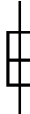
Наименование	Обозначение
Резистор постоянный	
0,05 В	
0,125 В	
0,25 В	
0,5 В	
1 В	
2 В	
5 В	
Резистор постоянный с дополнительными отводами:	
с одним симметричным	
с одним несимметричным	
с двумя	
с большим числом отводов	
Шунг измерительный	
Резистор переменный	

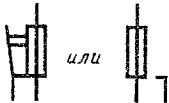
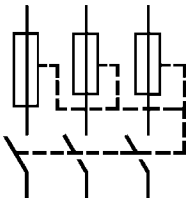
Наименование	Обозначение
П р и м е ч а н и я: 1. Стрелка обозначает подвижный контакт. 2. Неиспользуемый вывод допускается не изображать Для переменного резистора в реостатном включении допускается использовать следующие обозначения:	
общее обозначение	
с нелинейным регулированием	
Резистор переменный с дополнительными отводами	
Резистор переменный с несколькими подвижными контактами, например, с двумя:	
механически не связанными	
механически связанными	
Резистор переменный сдвоенный	
с плавным регулированием	

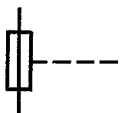
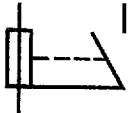
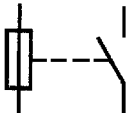
Наименование	Обозначение
со ступенчатым регулированием	 или 
с логарифмической характеристикой регулирования	
с обратнологарифмической (экспоненциальной) характеристикой регулирования	
регулируемый с помощью электродвигателя	
Резистор переменный с замыкающим контактом, изображенный:	
совмещенно	
разнесенно	
Резистор подстроечный	  
Резистор переменный с подстройкой	
Тензорезистор:	
линейный	
нелинейный	

Наименование	Обозначение
Элемент нагревательный	
Терморезистор:	
прямого подогрева	
с положительным температурным коэффициентом	
с отрицательным температурным коэффициентом	
косвенного подогрева	
Варистор	
Потенциометр функциональный однообмоточный (например, с профилированным каркасом)	
Потенциометр функциональный однообмоточный с несколькими дополнительными отводами, например, с тремя	 или 
Потенциометр функциональный многообмоточный, например двухобмоточный, изображенный:	
совмещенно	
разнесенно	

Наименование	Обозначение
Потенциометр функциональный многообмоточный, например, трехобмоточный с двумя дополнительными отводами от каждой обмотки, изображенный: совмещенно разнесенно	
Потенциометр функциональный кольцевой замкнутый однообмоточный (например, с профилированным каркасом) с одним подвижным контактом и двумя отводами	 $U(\alpha) = K \sin \alpha$
Потенциометр функциональный кольцевой замкнутый однообмоточный с несколькими подвижными контактами, например, с тремя: механически не связанными	

Наименование	Обозначение
механически связанными Потенциометр функциональный кольцевой замкнутый однообмоточный с изолированным участком	 
Предохранитель пробивной	
Предохранитель плавкий Общее обозначение	
Примечание. Допускается в обозначении предохранителя указывать утолщенной линией сторону, которая остается под напряжением	
Предохранитель плавкий: инерционно-плавкий	 или 
тугоплавкий	 или 
быстродействующий	

Наименование	Обозначение
Катушка термическая (предохранительная)	
Предохранитель с сигнализирующим устройством:	
с самостоятельной цепью сигнализации	
с общей цепью сигнализации	
без указания цепи сигнализации	
Выключатель-предохранитель	
Разъединитель-предохранитель	
Выключатель трехфазный с автоматическим отключением любым из плавких предохранителей ударного действия	

Наименование	Обозначение
Выключатель-разъединитель (с плавким предохранителем)	
Предохранитель плавкий ударного действия	
общее обозначение	
с трехвыводным контактом сигнализации	
с самостоятельной схемой сигнализации	
Конденсатор постоянной емкости	
Примечание. Для указания поляризованного конденсатора используют обозначение	
Конденсатор постоянной емкости с обозначенным внешним электродом	
Конденсатор электролитический:	
поляризованный	
неполяризованный	

Наименование	Обозначение
П р и м е ч а н и е. Знак "+" допускается опускать, если это не приведет к неправильному пониманию схемы Конденсатор постоянной емкости с тремя выводами (двухсекционный), изображенный:	
совмещенно	
разнесенно	
Конденсатор проходной	
П р и м е ч а н и е. Дуга обозначает наружную обкатку конденсатора (корпус) Допускается использовать обозначение	или
Конденсатор опорный. Нижняя обкладка соединена с корпусом (шасси) прибора	
Конденсатор с последовательным собственным резистором	
Конденсатор с экранирующим корпусом:	
с одной обкладкой, соединенной с корпусом	
с выводом от корпуса	
Конденсатор переменной емкости	

Наименование	Обозначение
Конденсатор переменной емкости многосекционный, например, трехсекционный	
Конденсатор подстроечный	
Конденсатор дифференциальный	
Конденсатор переменной емкости двухстаторный (в каждом положении подвижного электрода $C = C_0$)	
Если необходимо указать подвижную обкладку (ротор), то ее следует изображать в виде дуги, например	
Вариконд	
Фазовращатель емкостный	
Конденсатор широкополосный	
Конденсатор помехоподавляющий	
Датчик измеряемой неэлектрической величины	

Наименование	Обозначение
Прибор электроизмерительный показывающий	
регистрирующий	
интегрирующий (например, счетчик электрической энергии)	
П р и м е ч а н и я:	
1. При необходимости изображения нестандартизованных электроизмерительных приборов следует использовать сочетания соответствующих основных обозначений, например, комбинированный прибор, показывающий и регистрирующий.	
Для указания назначения электроизмерительного прибора в его обозначение вписывают условные графические обозначения, установленные в стандартах ЕСКД, а также буквенные обозначения единиц измерения или измеряемых величин, которые помещают внутри графического обозначения электроизмерительного прибора	
амперметр	A
вольтметр	V
вольтметр двойной	
вольтметр дифференциальный	ΔV
вольтамперметр	VA
ваттметр	W
ваттметр суммирующий	ΣW
варметр (измеритель активной мощности)	var
микроамперметр	μA
миллиамперметр	mA

Наименование	Обозначение
милливольтметр	mV
омметр	Ω
мегаомметр	$M\Omega$
частотомер	Hz
волномер	λ
фазометр:	
измеряющий сдвиг фаз	φ
измеряющий коэффициент мощности	$\cos \varphi$
счетчик ампер-часов	Ah
счетчик ватт-часов	Wh
счетчик вольт-ампер-часов реактивный	$varh$
термометр, пирометр	t° (допускается θ°)
индикатор полярности	$\begin{array}{c} + \\ - \end{array}$
тахометр	n
измеритель давления	Pa или P
измеритель уровня жидкости	
измеритель уровня сигнала	dB
3. В обозначении электроизмерительных приборов допускается вписывать необходимые данные согласно действующим стандартам на электроизмерительные приборы.	
4. Если необходимо указать характеристику отсчетного устройства прибора, то в его обозначение вписывают следующие квалифицированные символы:	
прибор, подвижная часть которого может отклоняться в одну сторону от нулевой отметки:	
вправо	
влево	

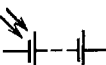
Наименование	Обозначение
прибор, подвижная часть которого может отклоняться в обе стороны от нулевой отметки	
допускается применять обозначение:	
прибор вибрационной системы	
прибор с цифровым отсчетом	
прибор с непрерывной регистрацией (записывающий)	
прибор с точечной регистрацией (записывающий)	
прибор печатающий с цифровой регистрацией	
прибор с регистрацией перфорированием	
Например:	
вольтметр с цифровым отсчетом	
вольтметр с непрерывной регистрацией	
амперметр, подвижная часть которого отклоняется в обе стороны от нулевой отметки	
Гальванометр	
Синхроноскоп	
Осциллоскоп	
Осциллограф	

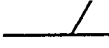
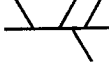
Наименование	Обозначение
Диод	
Общее обозначение	
Диод гуннельный	
Диод обращенный	
Стабилитрон (диод лавинный выпрямительный)	
односторонний	
двухсторонний	
Диод теплорезисторный	
Варикап (диод емкостной)	
Диод двунаправленный	
Модуль с несколькими (например, тремя) одинаковыми диодами с общим анодным и самостоятельными катодными выводами	
Модуль с несколькими одинаковыми диодами с общим катодным и самостоятельными анодными выводами	
Диод Шоттки	
Диод светоизлучающий	
Тиристор диодный, запираемый в обратном направлении	

Наименование	Обозначение
Тиристор диодный, проводящий в обратном направлении	
Тиристор диодный симметричный	или
Тиристор триодный. Общее обозначение	
Тиристор триодный, запираемый в обратном направлении с управлением:	
по аноду	
по катоду	или
Тиристор триодный выключаемый:	
общее обозначение	
запираемый в обратном направлении, с управлением по аноду	
запираемый в обратном направлении, с управлением по катоду	
Тиристор триодный, проводящий в обратном направлении:	
общее обозначение	
с управлением по аноду	
с управлением по катоду	
Тиристор триодный симметричный (двунаправленный) — триак	или

Наименование	Обозначение
Тиристор тетроидный, запираемый в обратном направлении	
Транзистор	
типа <i>PNP</i>	
типа <i>NPN</i> с выводом от внутреннего экрана	
Транзистор типа <i>NPN</i> , коллектор соединен с корпусом	
Транзистор лавинный типа <i>NPN</i>	
Транзистор однопереходный с <i>N</i> -базой	
П р и м е ч а н и е. При выполнении схем допускается: выполнять обозначения транзисторов в зеркальном изображении, например,	
Транзистор однопереходный с <i>P</i> -базой	
Транзистор двухбазовый типа <i>NPN</i>	
Транзистор двухбазовый типа <i>PNIP</i> с выводом от <i>i</i> -области	

Наименование	Обозначение
Транзистор двухбазовый типа $PNIP$ с выводом от i -области	
Транзистор многоэмиттерный типа NPN	
Транзистор полевой с каналом типа N	
Транзистор полевой с каналом типа P	
Транзистор полевой с изолированным затвором без вывода от подложки:	
обогащенного типа с P -каналом	
обогащенного типа с N -каналом	
обедненного типа с P -каналом	
обедненного типа с N -каналом	
Транзистор полевой с изолированным затвором обогащенного типа с N -каналом, с внутренним соединением истока и подложки	
Транзистор полевой с изолированным затвором с выводом от подложки обогащенного типа с P -каналом	
Транзистор полевой с двумя изолированными затворами обедненного типа с P -каналом с выводом от подложки	

Наименование	Обозначение
Транзистор полевой с затвором Шоттки	
Транзистор полевой с двумя затворами Шоттки	
Фоторезистор:	
общее обозначение	
дифференциальный	
Фотодиод	
Фототиристор	
Фототранзистор:	
типа <i>PNP</i>	
типа <i>NPN</i>	
Фотозлемент	
Фотобатарея	
1. (Исключен, Изм. № 2)	
2. Электроды:	
база с одним выводом	
база с двумя выводами	
<i>P</i> -эмиттер с <i>N</i> -областью	

Наименование	Обозначение
N -эмиттер с P -областью	
несколько P -эмиттеров с N -областью	
несколько N -эмиттеров с P -областью	
коллектор с базой	
несколько коллекторов, например, четыре коллектора на базе	
Переход PN	
Переход NP	
P -канал на подложке N -типа, обогащенный тип	
N -канал на подложке P -типа, обедненный тип	
Затвор изолированный	
Эффект туннельный	
прямой	
обращенный	

Предметный указатель

А

Аварийный сигнал 518
Автотракторный электропривод 561
Аккумулятор 15, 41, 42, 48, 50
Аккумуляторная батарея 12
— — емкость 50
— — необслуживаемая 34
— — размещение и крепление 39
— — саморазряд 57
— — с рулонными элементами 37
— — энергия разряда и заряда 56
Аккумуляторная ЭТС 391

Б

Батарейная система зажигания 211
Бесконтактно-транзисторная система зажигания 260
Блоки фонарей 518

В

Вакуумный регулятор 236
Выключатели 531
Выпрямительные блоки 104
Выпрямление переменного тока 77
Высоковольтные провода 331

Г

Габаритный огонь 501
Галогенная лампа 456
Генератор 60
— бесщеточный 72
— вентильный 64, 89
— — конструкция 98
— — конструктивная схема 67
— индукторный 73
— интегрального исполнения 76
Генераторная установка 61, 81
— — схемы 132

Д

Датчик давления 287, 410
— детонации 289

— кислорода (λ -зонд) 415
— магнитоэлектрический 261
— микропроцессорной системы зажигания 286
— момента искрообразования 260
— начала контролируемых процессов 416
— положения и перемещения 286, 413
— распределитель 271
— температуры 412
— — охлаждающей жидкости 288
— Холла 265
— цифровых и микропроцессорных систем зажигания 286
Датчики системы управления 382
— электронных систем управления двигателями 402
Дневной ходовой огонь 516
Добавочный резистор 230, 255

З

Зажигание от магнето 242
Звуковые сигналы 552
Знак официального утверждения 445

И

Измерители расхода воздуха 402
— — топлива 409
Индивидуальный предпусковой подогреватель 201
Исполнительные устройства систем впрыска топлива 418
— — для управления дроссельной заслонкой 427
— — с электродвигателями 425

К

Карбюратор с электронным управлением 356
Катушка зажигания 209, 258, 271, 319
Коллектор 159
Коммутатор 269, 309, 311

Коммутационная аппаратура систем освещения и световой сигнализации 524
Комплексные системы управления бензиновым двигателем 370
Контактно-батарейная система зажигания 230
Контактно-транзисторная система зажигания 255
Контроллер микропроцессорной системы 313, 371
— цифровой системы зажигания с двухканальным коммутатором 306
Контурный огонь 515
Коэффициент запаса по вторичному напряжению 216
Ксеноновые лампы 461

Л

Лампа накаливания автомобильная 453
— — — обозначения 457
— — — параметры 457
Лампы контрольные 452

М

Маркировка огней 446
Межэлементные перемычки 28
Механизм привода стартера 168
Микропроцессорная система управления зажиганием и ЭПХХ 353
Момент зажигания 218
Моноблок 25
Моторедуктор 577
Мотонасосы 577

Н

Насос-форсунка 423
Нормирование светораспределения 468

О

Огонь подсветки поворота 517
Октан-корректор 237
Особенности рабочего процесса транзисторной системы зажигания 227
Опознавательные знаки 510

П

Передний указатель поворота 450
Переключатели 524
Печатная плата 128

Планетарный редуктор 149
Плотность электролита 17
Подогреватель-отопитель 204
Позитронный электронагреватель 199
Полюсные выводы 28
Подогреватель-отопитель 204
Приборы внутреннего освещения 520
Привод генератора 104
Прожекторы 432
Противотуманные фары 489

Р

Рабочий процесс бензинового двигателя 210
Распределитель зажигания 240
Регулирование напряжения 106
Регулирование угла опережения зажигания 234
Регулятор напряжения 106
Редуктор, встраиваемый в стартер 147
Реле-прерыватели 537
Ротор генератора 67

С

Световые приборы 430, 497
— — источники света 453
Светодиоды 452
Светоотражатели 511
Светосигнальные приборы 497
— — классификация 497
— — требования к светораспределению 498
Свеча зажигания 322
— — маркировка 330
— — международная система обозначений 422
— — светотехнические параметры 436
— — требования 433
— — к установке 448
— — устройство 324
Свеча накаливания 187
— подогрева воздуха во впускном трубопроводе 188
Сепараторы 22
Сигнал торможения 505
Сигнализаторы 522
Система зажигания 207
— — микропроцессорная 284, 312
— — основные параметры 216
— — принцип работы 219

- с корректировкой УОЗ по детонации 297
- цифровая 284, 290, 292, 306
- Система "Стоп-старт" 184
- Системы автоматической блокировки замков дверей 594
- автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода 339
- впрыска топлива 358
- светораспределения 464
- стекло- и фарочистки с электроприводом 598
- управления двигателем 336
- электроснабжения 60
- электростартерного пуска 136
- Стеклоомыватель 606
- Стеклоподъемник 591
- Стеклоочиститель 577, 601
- Стояночные огни 504
- Схемы автогазотракторных транзисторных регуляторов 118
- управления автомобильным двигателем 334

Т

- Тиристорная система зажигания 258
- Тяговое реле 163

У

- Указатель поворота 505
- Устройство для автоматического отключения и блокировки стартера 179
- для облегчения пуска двигателей при низких температурах 186
- для подачи пусковой жидкости 194
- для предпусковой подготовки двигателя 195
- для регулирования УОЗ в зависимости от детонации 301

Ф

- Фазное напряжение 83
- Фара 461

- конструкция 475
- Фароочиститель 579
- Фонарь заднего хода 509
- освещения номерного знака 508
- преимущественного проезда 511
- Формирование светового пучка 461
- Форсунка электромагнитная 418
- электрогидравлическая 423

Ц

- Центральный регулятор 235

Э

- ЭДС 42, 70
- Экономайзеры принудительного холостого хода 339
- Электродвигатели автогазотракторного электропривода 569
- Электроды 20
- Электролит 31
- Электронагреватели аккумуляторных батарей 198
- Электронная система зажигания с контактным управлением 252
- Электронные системы управления газообменом 396
- Электронно-управляемые топливные системы дизелей 387
- Электронные системы управления двигателем 334
- Электронный блок управления ЭПХХ 354
- Электропривод антенн 582
- вентиляторы системы охлаждения 584
- в системах питания и вентиляции 585
- в предпусковых подогревателях 590
- Электростартер 136
- классификация 139
- конструктивное исполнение 139
- Электрофакельные подогреватели 189
- Энергия искры 217

Я

- Якорь стартера 157

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ	5
1.1. Классификация и состав системы электрооборудования	5
1.2. Основные технические требования к электрооборудованию	6
1.3. Номинальные параметры	11
2. АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ	12
2.1. Назначение. Классификация	12
2.2. Условия эксплуатации. Технические требования	12
2.3. Принцип действия свинцового аккумулятора	15
2.4. Устройство стартерных аккумуляторных батарей	18
2.4.1. Электроды	20
2.4.2. Сепараторы	22
2.4.3. Моноблок. Крышки. Пробки	25
2.4.4. Межэлементные перемычки. Полюсные выводы	28
2.5. Электролит	31
2.6. Необслуживаемые батареи	34
2.7. Аккумуляторная батарея с рулонными элементами	37
2.8. Размещение и крепление аккумуляторных батарей на автомобилях и тракторах	39
2.9. Характеристики стартерных аккумуляторных батарей	42
2.9.1. Электродвижущая сила	42
2.9.2. Напряжение	43
2.9.3. Внутреннее сопротивление	48
2.9.4. Емкость	50
2.9.5. Вольт-амперная характеристика и мощность батареи . . .	55
2.9.6. Энергия и коэффициенты отдачи	56
2.9.7. Саморазряд батарей	57
3. ГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ	60
3.1. Системы электроснабжения. Условия работы. Основные требования .	60
3.2. Принцип работы и конструктивные схемы вентильных генераторов	64
3.2.1. Принцип работы генераторов	64
3.2.2. Конструктивные схемы автомобильных генераторов с клювообразным ротором	67

3.2.3.	Конструктивная схема бесщеточного генератора с клювообразными полюсами	72
3.2.4.	Конструктивная схема индукторного генератора	73
3.2.5.	Генераторы интегрального исполнения	76
3.3.	Выпрямление переменного тока	77
3.3.1.	Схемы выпрямления переменного тока	77
3.3.2.	Принцип работы выпрямителей вентильных генераторов	82
3.4.	Характеристики вентильных генераторов	84
3.4.1.	Характеристики холостого хода	85
3.4.2.	Внешние характеристики	86
3.4.3.	Скоростная регулировочная характеристика	86
3.4.4.	Токоскоростная характеристика	87
3.5.	Конструкция вентильных генераторов	89
3.5.1.	Генераторы щеточной конструкции с клювообразным ротором	89
3.5.2.	Бесконтактный генератор с укороченными полюсами	95
3.5.3.	Генераторы компактной конструкции	96
3.6.	Конструкция вентильных генераторов индукторного типа	98
3.6.1.	Автомобильный индукторный генератор	98
3.6.2.	Тракторные индукторные генераторы	100
3.7.	Привод генератора. Габаритные размеры	104
3.8.	Выпрямительные блоки	105
3.9.	Регулирование напряжения	106
3.10.	Вибрационные регуляторы напряжения	108
3.11.	Контактно-транзисторные регуляторы напряжения	110
3.12.	Бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения	113
3.12.1.	Регулятор напряжения с эмиттерной обратной связью	113
3.12.2.	Регуляторы напряжения с коллекторной обратной связью	114
3.12.3.	Регуляторы напряжения с составным транзистором	116
3.12.4.	Регулятор напряжения с каскадным соединением транзисторов	117
3.12.5.	Схемы автотракторных транзисторных регуляторов напряжения	118
3.13.	Тиристорные регуляторы напряжения	122
3.14.	Автотракторные интегральные регуляторы напряжения	124
3.15.	Устройство регуляторов напряжения	127
3.16.	Схемы генераторных установок	132
4.	ЭЛЕКТРОСТАРТЕРЫ	136
4.1.	Системы электростартерного пуска. Структурная схема.	
	Условия работы	136
4.1.1.	Структурная схема	136
4.1.2.	Особенности работы	138

4.1.3.	Требования к электростартерам	138
4.2.	Автомобильные и тракторные электростартеры различного конструктивного исполнения	139
4.2.1.	Классификация электростартеров	139
4.2.2.	Автомобильные электростартеры с роликовыми муфтами свободного хода	141
4.2.3.	Тракторные электростартеры с роликовыми муфтами свободного хода	144
4.2.4.	Автотракторные электростартеры с храповичной и фрикционно-храповичной муфтами свободного хода	145
4.2.5.	Стартеры с дополнительными встроенными редукторами и постоянными магнитами	147
4.3.	Конструкция узлов и деталей электростартеров	154
4.3.1.	Корпус. Полюсы. Обмотка возбуждения	154
4.3.2.	Якорь	156
4.3.3.	Коллекторы. Щетки. Щеткодержатели	159
4.3.4.	Крышки. Держатель подшипника	162
4.3.5.	Тяговые электромагнитные реле	163
4.3.6.	Механизмы привода	166
4.4.	Характеристики электростартеров	172
4.5.	Схемы управления электростартерами	177
4.5.1.	Схемы управления автомобильными электростартерами	177
4.5.2.	Устройства для автоматического отключения и блокировки стартера	179
4.5.3.	Система "Стоп—старт"	184
5.	УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	186
5.1.	Классификация	186
5.2.	Свечи накаливания и подогрева воздуха	187
5.2.1.	Свечи накаливания	187
5.2.2.	Свечи подогрева воздуха во впускном трубопроводе	188
5.3.	Электрофакельные подогреватели воздуха	189
5.4.	Устройства для подачи пусковой жидкости	194
5.5.	Электрические нагревательные устройства для предпусковой подготовки двигателя	195
5.6.	Электронагреватели аккумуляторных батарей	198
5.7.	Позисторные электронагреватели	199
5.8.	Индивидуальные предпусковые подогреватели	201
5.9.	Жидкостные подогреватели-отопители	204
6.	СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ	207
6.1.	Назначение, классификация систем зажигания и требования к ним	207
6.1.1.	Назначение систем зажигания	207
6.1.2.	Рабочий процесс бензинового двигателя	210

6.1.3.	Классификация батарейных систем зажигания	211
6.1.4.	Требования к системам зажигания	214
6.1.5.	Коэффициент запаса по вторичному напряжению	216
6.1.6.	Энергия искры	217
6.1.7.	Момент зажигания	218
6.2.	Принцип работы системы зажигания	219
6.2.1.	Преобразование энергии источника тока в энергию искрового разряда	219
6.2.2.	Распределение высокого напряжения по цилиндрам двигателя	224
6.2.3.	Особенности рабочего процесса транзисторной системы за- жигания	227
6.3.	Контактная батарейная система зажигания	230
6.3.1.	Принципиальная схема. Особенности работы	230
6.3.2.	Регулирование угла опережения зажигания	234
6.3.3.	Конструкция аппаратов контактной системы зажигания	238
6.4.	Системы зажигания от магнето	242
6.4.1.	Принцип действия и характеристики магнето	242
6.4.2.	Конструкция магнето	247
6.5.	Электронные системы зажигания с контактным управлением	252
6.5.1.	Контактно-транзисторные системы зажигания	252
6.5.2.	Схемы и принцип работы КТСЗ	252
6.5.3.	Конструкция аппаратов КТСЗ	255
6.5.4.	Тиристорные системы зажигания	258
6.6.	Бесконтактные транзисторные системы зажигания	260
6.6.1.	Датчики момента искрообразования	260
6.6.2.	Магнитоэлектрические датчики	261
6.6.3.	Датчик Холла	265
6.6.4.	БТСЗ с МЭД и нерегулируемым временем накопления энергии	268
6.6.5.	БТСЗ с датчиком Холла и регулируемым временем накопления энергии	273
6.7.	Цифровые и микропроцессорные системы зажигания	284
6.7.1.	Системы зажигания с электронными регуляторами угла опережения зажигания	284
6.7.2.	Датчики цифровых и микропроцессорных систем зажигания	286
6.7.3.	ЦСЗ с жесткой логикой и без элементов памяти	290
6.7.4.	ЦСЗ с элементами памяти	292
6.7.5.	Системы зажигания с корректировкой УОЗ по детонации	297
6.7.6.	Цифровая система зажигания с двухканальным коммутатором	306
6.7.7.	Двухканальные коммутаторы	309
6.7.8.	Микропроцессорные системы зажигания	312

6.8.	Свечи зажигания	322
6.8.1.	Условия работы свечи зажигания на двигателе	322
6.8.2.	Устройство свечей зажигания	324
6.8.3.	Тепловая характеристика свечей зажигания	327
6.8.4.	Маркировка свечей зажигания	330
6.8.5.	Подбор свечи зажигания к двигателю	331
6.9.	Высоковольтные провода. Свечной наконечник	331
7.	ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ . . .	334
7.1.	Основные принципы управления двигателем	334
7.2.	Системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода (САУ ЭПХХ)	339
7.2.1.	Принцип работы САУ ЭПХХ	339
7.2.2.	САУ ЭПХХ легковых автомобилей	341
7.2.3.	САУ ЭПХХ грузовых автомобилей	346
7.2.4.	Микропроцессорная система управления зажиганием и ЭПХХ	353
7.2.5.	Устройство блока управления и электромагнитного клапана ЭПХХ	354
7.3.	Карбюраторы с электронным управлением	356
7.4.	Электронные системы впрыска топлива	358
7.4.1.	Классификация систем впрыска топлива	358
7.4.2.	Система центрального впрыска топлива	360
7.4.3.	Системы распределенного впрыска топлива	362
7.4.4.	Системы непосредственного впрыска топлива	370
7.5.	Комплексные микропроцессорные системы управления бензиновым двигателем	370
7.5.1.	Принцип работы комплексных систем	370
7.5.2.	Система управления с контроллером 90.3761	371
7.5.3.	Системы управления двигателем "Motronic"	372
7.5.4.	Система управления двигателем автомобиля "Toyota" . . .	374
7.6.	Комплексная система управления двигателем с контроллером "Январь-4"	378
7.6.1.	Система впрыска топлива	378
7.6.2.	Контроллер системы управления	380
7.6.3.	Датчики системы управления	382
7.6.4.	Работа системы топливоподачи	383
7.6.5.	Управление системой зажигания	386
7.6.6.	Система улавливания паров бензина	387
7.7.	Электронно-управляемые топливные системы дизелей	387
7.7.1.	Классификация электронных топливных систем дизелей . .	387
7.7.2.	Непрерывно управляемые ЭТС	389
7.7.3.	ЭТС с импульсным питанием форсунок и индивидуальным управлением	390

7.7.4.	Аккумуляторные ЭТС высокого давления для дизелей . . .	391
7.8.	Комплексные электронные системы управления дизелями	393
7.9.	Электронные системы управления газообменом	396
7.9.1.	Состав ЭСГО. Выполняемые функции	396
7.9.2.	Управление газораспределением	397
7.9.3.	Управление наддувом	398
7.9.4.	Управление рециркуляцией отработавших газов	402
7.10.	Датчики электронных систем управления двигателем	402
7.10.1.	Измерители расхода воздуха	402
7.10.2.	Измерители расхода топлива	409
7.10.3.	Датчики давления	410
7.10.4.	Датчики температуры	412
7.10.5.	Датчики положения и перемещения	413
7.10.6.	Датчики кислорода (λ -зонды)	415
7.10.7.	Датчики начала контролируемых процессов	417
7.11.	Исполнительные устройства систем впрыска топлива	418
7.11.1.	Электромагнитные форсунки	418
7.11.2.	Электрогидравлические форсунки и насос-форсунки . . .	423
7.11.3.	Исполнительные устройства с электродвигателями	425
7.11.4.	Исполнительное устройство для управления дроссельной заслонкой	427
7.11.5.	Электромагнитные клапаны системы газораспределения	428
8.	СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ . . .	430
8.1.	Требования к системам освещения и световой сигнализации . .	430
8.1.1.	Назначение световых приборов	430
8.1.2.	Классификация световых приборов и устройств	431
8.1.3.	Светотехнические параметры световых приборов	436
8.1.4.	Международная система обозначений световых приборов .	442
8.1.5.	Общие требования к установке устройств освещения и световой сигнализации	448
8.2.	Источники света автомобильных световых приборов	453
8.2.1.	Лампы накаливания	453
8.2.2.	Галогенные лампы	456
8.2.3.	Параметры ламп накаливания	457
8.2.4.	Обозначение автомобильных ламп накаливания	457
8.2.5.	Автомобильные светодиоды	458
8.2.6.	Ксеноновые лампы	461
8.3.	Головные фары дальнего и ближнего света	461
8.3.1.	Формирование светового пучка в фарах прожекторного типа	461
8.3.2.	Системы светораспределения	464
8.3.3.	Нормирование светораспределения	468

8.3.4.	Усовершенствованные системы	472
8.3.5.	Конструкция фар	475
8.3.6.	Противотуманные фары	489
8.4.	Световые приборы наружного освещения и сигнализации	497
8.4.1.	Классификация светосигнальных приборов	497
8.4.2.	Требования к светораспределению	498
8.4.3.	Габаритные огни	501
8.4.4.	Стояночные огни	504
8.4.5.	Указатели поворота	505
8.4.6.	Сигнал торможения	505
8.4.7.	Фонари освещения номерного знака	508
8.4.8.	Фонарь заднего хода	509
8.4.9.	Опознавательные знаки	510
8.4.10.	Фонарь преимущественного проезда	511
8.4.11.	Светоотражатели	511
8.4.12.	Контурный огонь	515
8.4.13.	Дневной ходовой огонь	516
8.4.14.	Огонь подсветки поворота	517
8.4.15.	Аварийный сигнал	518
8.4.16.	Блоки фонарей	519
8.5.	Приборы внутреннего освещения	520
8.6.	Контрольные лампы и сигнализаторы	522
8.7.	Коммутационная аппаратура систем освещения и световой сигнализации	524
8.7.1.	Назначение	524
8.7.2.	Переключатели	524
8.7.3.	Выключатели	531
8.8.	Реле-прерыватели	537
8.8.1.	Назначение	537
8.8.2.	Электромагнитные реле-прерыватели указателей поворота	537
8.8.3.	Электронные реле-прерыватели указателей поворота и аварийной сигнализации	540
9.	ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛЫ	552
9.1.	Назначение. Характеристики	552
9.2.	Безрупорные шумовые сигналы	552
9.3.	Рупорные тональные сигналы	555
9.4.	Звуковой сигнал переменного тока	556
9.5.	Схемы управления	557
10.	АВТОТРАКТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД	561
10.1.	Общие сведения об электроприводах	561
10.1.1.	Назначение. Структурная схема	561
10.1.2.	Управление электроприводами	562

10.1.3. Классификация. Конструктивные схемы электроприводов	563
10.1.4. Режимы работы электроприводов. Основные характеристики	564
10.1.5. Применение электроприводов на автомобилях и тракторах	568
10.2. Электродвигатели автотракторного электропривода	569
10.2.1. Основные требования	569
10.2.2. Электродвигатели с электромагнитным возбуждением	571
10.2.3. Электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов	573
10.2.4. Моторредукторы. Мотонасосы	577
10.3. Электропривод в системах повышения безопасности, комфорта и удобства эксплуатации автомобилей и тракторов	582
10.3.1. Электропривод антенн	582
10.3.2. Электропривод вентилятора системы охлаждения двигателя	584
10.3.3. Электропривод в системах отопления и вентиляции	585
10.3.4. Электропривод в предпусковых подогревателях двигателей	590
10.3.5. Электромеханические подъемники стекол дверей	591
10.3.6. Системы автоматической блокировки замков дверей	594
10.4. Системы стекло- и фарочистки с электроприводом	598
10.4.1. Назначение. Основные требования	598
10.4.2. Стеклоочистители	601
10.4.3. Стеклоомыватели	606
10.5. Схемы управления стеклоочистителями и стеклоомывателями	609
10.5.1. Системы очистки ветровых стекол	609
10.5.2. Системы очистки заднего стекла и фар	621
10.5.3. Система очистки стекол на микросхемах	623
Приложение	624
1. Буквенные коды наиболее распространенных видов элементов	624
2. Условные графические обозначения отдельных электрических элементов (выдержки из ГОСТов)	626
Предметный указатель	645

Учебное издание

Чижекков Юрий Павлович

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Редакторы *С.В. Гайнулина, И.А. Хороманская*

Переплет художника *Т.Н. Галицыной*

Корректор *В.О. Кабанова*

Инженер по компьютерному макетированию *В.Г. Верховин*

Сдано в набор 08.11.2006. Подписано в печать 05.04.2007

Формат 60×88 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 40,18. Уч.-изд. л. 39,68.

Тираж 2000 экз. Заказ

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство "Машиностроение",
107076, Москва, Стромьинский пер., 4.

Отпечатано в ГУП ППП Типография "Наука" РАН,
121099, г. Москва, Шубинский пер., 6